



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**SECRETARÍA DE SALUD**

**INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN**

**ESPECIALIDAD EN:**

**MEDICINA DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y  
DEPORTIVA**

**EFFECTO DE LA VIBRACIÓN DE CUERPO  
COMPLETO SOBRE EL RENDIMIENTO DEL SALTO  
EN JUGADORES DE VOLEIBOL Y BASQUETBOL**

**T E S I S**

**PARA OBTENER EL DIPLOMA DE**

**MÉDICO ESPECIALISTA EN**

**MEDICINA DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y  
DEPORTIVA**

**PRESENTA:**

**JORGE LUIS LEÓN ALVAREZ**

**PROFESOR TITULAR: DR. J. CLEMENTE IBARRA PONCE DE LEÓN  
PROFESOR ADJUNTO: JOSÉ GILBERTO FRANCO SANCHEZ**

**ASESORES: M. EN C. A. ISAAC PÉREZ SANPABLO  
M. EN C. IVETT QUIÑONES URIÓSTEGUI  
DRA. ARIADNA DEL VILLAR MORALES  
M. EN A. GERARDO RODRÍGUEZ REYES**

**MÉXICO, D.F.**

**FEBRERO DE 2011**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

**DRA. MATILDE L. ENRIQUEZ SANDOVAL  
DIRECTORA DE ENSEÑANZA**

---

**DRA. XOCHIQUETZAL HERNANDEZ LÓPEZ  
SUBDIRECTORA DE POSTGRADO Y  
EDUCACIÓN CONTINUA**

---

**DR. LUIS GÓMEZ VELAZQUEZ  
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ENSEÑANZA  
MÉDICA**

---

**DR. J. CLEMENTE IBARRA PONCE DE LEÓN**  
**PROFESOR TITULAR**

---

**DR. JOSÉ GILBERTO FRANCO SÁNCHEZ**  
**SUBDIRECTOR DE MEDICINA DEL**  
**DEPORTE Y PROFESOR ADJUNTO**

---

**M. EN C. IVETT QUIÑONES URIÓSTEGUI**  
**ASESOR DE INVESTIGACIÓN**

---

**M. EN C. A. ISAAC PÉREZ SANPABLO**  
**ASESOR DE INVESTIGACIÓN**

---

**DRA. ARIADNA DEL VILLAR MORALES**  
**ASESOR CLINICO**

---

**M. EN A. GERARDO RODRIGUEZ REYES**  
**ASESOR CLINICO**

## **AGRADECIMIENTOS**

*Deseo agradecer a los ingenieros Isaac Pérez e Ivett Quiñones. Así como a la Dra. Ariadna del Villar puesto que sin sus numerosas observaciones y correcciones no se hubiera concluido exitosamente el presente trabajo. También deseo agradecer a los ingenieros Aldo Alessi, Evaristo Vela y Lidia Núñez por su apreciable apoyo técnico para la realización de pruebas y apoyo en cuestiones de informática.*

*Un agradecimiento especial al Ingeniero Gerardo Rodríguez por su valiosa ayuda para la realización de las pruebas estadísticas.*

*Al personal adscrito al Laboratorio de Análisis de Movimiento Humano se agradece su apoyo técnico para la realización de las pruebas de vibración y de salto en la plataforma de fuerza.*

*También deseo agradecer a los entrenadores y atletas que participaron de manera entusiasta sacrificando tiempos de entrenamiento y de estudio para asistir en las mejores condiciones a las evaluaciones.*

*Finalmente un agradecimiento especial a mi esposa Liliana e hijos Eduardo y Omar que supieron proporcionarme apoyo y comprensión en esos tiempos difíciles.*

**Dr. Jorge Luis León Alvarez**

## ABREVIATURAS

A	Amplitud en mm
ACSM	American College of Sports Medicine (Colegio Americano de Medicina del Deporte)
AMB	Área muscular del brazo (Hombre ó Mujer) por Antropometría
AMM	Área Muscular de Corte Transversal del Muslo por Antropometría
AMP	Área Muscular de Corte Transversal de la Pierna por Antropometría
CMJ	Countermovement jump: Salto con contramovimiento
DC	Densidad Corporal
DF	Diámetro del fémur en metros
DM	Diámetro de la muñeca en metros
E	Edad en años ó en años decimales
f	Frecuencia en Hertz (Hz)
g	Aceleración de la gravedad
GC	Grasa Corporal
GREC	Grupo Español de Cineantropometría de la Federación Española de Medicina del Deporte
H	Altura en cm
h	Altura en metros
Hz	Hertz
IRM	Imagen de Resonancia Magnética
ISAK	International Society for the Advancement of Kinanthropometry (Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría)
MG	Masa Grasa
MLG	Masa Libre de Grasa
MM	Masa Muscular
MO	Masa Ósea
MR	Masa o Peso Residual
NASA	National Aeronautics and Space Administration (Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio)
NCAA	National Collegiate Athletic Association: Asociación Nacional de Atletismo Colegial
P Abd	Perímetro abdominal en cm

P Anteb	Perímetro antebrazo en cm
P Brs	Breast (Perímetro mesoesternal en cm)
P Cint	Perímetro de de cintura en cm
P Glut	Perímetro glúteo en cm
PBC	Perímetro brazo corregido = $\text{Perímetro brazo relajado} - (3,1416 * (\text{Pliegue tríceps}/10))$
PGC	PGC: $\text{Perímetro gemelar corregido} = \text{Perímetro gemelar} - (3,1416 * (\text{PI Pierna Medial}/10))$
PI Abd	Pliegue abdominal en mm
PI AxiM	Pliegue axilar medio en mm
PI ileoc	Pliegue ileocrestal en mm
PI MA	Pliegue muslo anterior en mm
PI MM	Pliegue pierna medial en mm
PI Pec	Pliegue pectoral en mm
PI Sesp	Pliegue supraespinal en mm
PI Sub	Pliegue subescapular en mm
PI Tri	Pliegue del tríceps en mm
PMC	Perímetro del muslo corregido = $\text{Perímetro del Muslo} - (3,1416 * (\text{Pliegue muslo ant}/10))$
PP	Pico de potencia
SJ	Squat jump: Salto sin contramovimiento
SNC	Sistema Nervioso Central
TAC	Tomografía Axial Computarizada
tf	Tiempo de vuelo
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
VCC	Vibración de Cuerpo Completo
W	Watts
$\alpha$	alfa ó Aceleración
$\gamma$	gamma

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>ANTECEDENTES.....</b>	<b>2</b>
Voleibol y Basquetbol.....	2
<b>EL SALTO VERTICAL .....</b>	<b>2</b>
Pruebas para evaluar el salto vertical.....	3
Salto con contramovimiento .....	3
Altura del salto vertical y potencia mecánica externa de los miembros pélvicos.....	5
Altura del salto.....	5
Potencia mecánica externa .....	6
Pico de potencia relativa: W/kg MM.....	6
<b>LA VIBRACIÓN.....</b>	<b>7</b>
Perspectiva general de la vibración.....	7
Entrenamiento de vibración .....	8
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>12</b>
<b>JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>12</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
Objetivo General .....	12
Objetivos Específicos.....	13
<b>HIPOTESIS.....</b>	<b>13</b>
<b>DISEÑO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>13</b>

<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>13</b>
Tamaño de la muestra .....	13
Criterios de inclusión .....	14
Criterios de exclusión.....	14
Criterios de eliminación.....	14
<b>CONSIDERACIONES ÉTICAS .....</b>	<b>14</b>
<b>DESCRIPCION DE LAS VARIABLES .....</b>	<b>15</b>
Variables independientes.....	15
Variables dependientes .....	15
<b>PROCEDIMIENTO.....</b>	<b>15</b>
Antropometría.....	15
Evaluación del salto basal.....	16
Intervención con la vibración de cuerpo completo.....	17
Seguimiento posterior a la vibración.....	17
<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....</b>	<b>18</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>19</b>
Error técnico de medida de las mediciones antropométricas .....	25
<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>26</b>
Incremento agudo en la altura del salto y en el pico de potencia .....	26
Diferencias entre géneros .....	27
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>30</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>31</b>

<b>ANEXO 1 FORMULARIO DE APTITUD PARA EL ENTRENAMIENTO DE VIBRACIÓN.....</b>	<b>35</b>
<b>ANEXO 2 CONSIDERACIONES ÉTICAS, DE SEGURIDAD Y CONSENTIMIENTO INFORMADO .....</b>	<b>36</b>
<b>ANEXO 4 ECUACIONES ANTROPOMÉTRICAS UTILIZADAS EN ÉSTE ESTUDIO .....</b>	<b>43</b>
<b>ANEXO 5 SESIÓN ESTÁNDAR DE CALENTAMIENTO .....</b>	<b>47</b>

# **EFFECTO DE LA VIBRACIÓN DE CUERPO COMPLETO SOBRE EL RENDIMIENTO DEL SALTO EN JUGADORES DE VOLEIBOL Y BASQUETBOL**

## **INTRODUCCION**

El voleibol y el basquetbol son deportes ampliamente practicados en todo el mundo. Cada día la competencia en estos deportes es más intensa, lo que obliga a los especialistas en ciencias del ejercicio a esforzarse constantemente para generar nuevos conocimientos que ayuden a incrementar el rendimiento de los deportistas. Ambos deportes requieren de movimientos explosivos y saltos frecuentes. Los atletas con más fuerza, más potencia, mejor composición corporal y mejores técnicas se encuentran en un nivel más alto para la competencia [1-3]. Una estrategia innovadora para incrementar el rendimiento de manera aguda en el pico de potencia (PP) y en la altura del salto (AS) es el entrenamiento de vibración de cuerpo completo (VCC) [4]. La utilización de la VCC no está sancionada por la Agencia Mundial Antidopaje (AMA) [5]. Se ha observado mejoría en el rendimiento del salto vertical después de una sola sesión de VCC [6]. Sin embargo, aún se ignora cuál es la dosis más adecuada [7]. Algunos estudios han encontrado un efecto deletéreo en el rendimiento después de la exposición aguda a la VCC [8]. En consecuencia, se necesitan más estudios que ayuden a determinar cuál es la dosis óptima de VCC. Por lo previamente mencionado se realizó el presente trabajo con el objetivo de evaluar el efecto agudo de la VCC en atletas de basquetbol y voleibol de las categorías juvenil y mayor de los equipos representativos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Y así, obtener datos que permitan el uso óptimo de ésta tecnología durante el entrenamiento o la competencia.

## **ANTECEDENTES**

Es frecuente preguntarse ¿Qué hace que un atleta triunfe? La respuesta obviamente es multifactorial, incluye factores biomecánicos, fisiológicos y destrezas propias dentro de su deporte.

La mayoría de los deportes son selectivos, competitivos y jerárquicos; sólo los más aptos llegan a altos niveles de participación.

### **Voleibol y Basquetbol**

En el voleibol la altura de la red está fijada a 2.43 m para los varones y 2.24 m para las mujeres. Por lo tanto, los jugadores altos tienen que saltar un porcentaje relativo menor de su estatura para poder superar la altura de la red. Debido a que los bloqueadores y rematadores pasan de 7.5 a 15 minutos en actividades de saltos en cada partido, los saltos explosivos repetidos son la clave del triunfo.

El basquetbol siempre ha sido dominado por jugadores altos. Las cestas o canastas en el basquetbol se encuentran firmemente sujetas a los tableros a una altura de 3 m sobre la superficie de juego. Cerca del 5% de los jugadores de la NBA en el periodo 1990-1993 tenían una altura de 2.134 m o más [9].

La potencia y la altura del salto se han descrito como factores que influyen significativamente en el rendimiento en ambos deportes [1-3].

## **EL SALTO VERTICAL**

El salto vertical, está basado en diversas variables independientes específicas, cada una de las cuales puede afectar o favorecer en el rendimiento final del salto. Se sabe que el salto es una acción multiarticular, y como tal, demanda no solo la producción de fuerza sino también una alta potencia y coordinación. En las pruebas de salto único se han llegado a medir los mayores valores de picos de potencia mecánica externa registrados en humanos.

Mediante la evaluación de la capacidad de salto pueden determinarse aspectos diferenciales y condicionantes del rendimiento lo que representa para los entrenadores una herramienta más para la selección de los más capacitados para un determinado puesto en la disposición táctica del juego de su equipo. Esta ayuda biomecánica se suma a las que colaboran en la elección de un jugador de acuerdo a sus condiciones morfológicas, metabólicas, neuromusculares y psicológicas, entre otras [10].

### **Pruebas para evaluar el salto vertical**

Para cuantificar la capacidad de salto existe una batería de pruebas, o saltos de evaluación. El Salto Squat (SJ: salto concéntrico desde la posición de sentadilla sin ayuda de brazos), el Salto Countermovement (CMJ: salto vertical con contramovimiento sin ayuda de brazos), el Salto Rocket, el Salto Abalakov, el Salto Máximo y el Salto Drop representan las principales pruebas para evaluar el rendimiento en el salto vertical. Estos saltos estándares de evaluación se encuentran destinados a valorar manifestaciones concretas de la fuerza y cada uno de ellos lo hace desde una estructura biomecánica diferente. Además de estos métodos, también se deben considerar los parámetros de medición. Los parámetros más utilizados para caracterizar la miodinámica del rendimiento en el salto son: la altura del salto, la potencia máxima de translación por kilogramo de masa corporal y la potencia máxima total [10,11].

### **Salto con contramovimiento**

La realización de esta prueba implica la ejecución de un contramovimiento hacia abajo, es decir, se efectúa con la ayuda de un Ciclo Estiramiento Acortamiento (CEA) (Figura 1). En el salto CMJ el sujeto parte de una posición en bipedestación, con las manos en la cadera y posteriormente flexiona las rodillas para ejecutar el salto tan alto como le sea posible, con el tronco recto, sin quitar las manos de la cadera. Esta prueba se utiliza para, además de valorar la fuerza explosiva y cuantificar la influencia reactiva, evitar la colaboración de los miembros superiores.

El rendimiento conseguido en esta prueba es mayor que en otras como lo es el SJ, se han descrito varias explicaciones para exponer las diferencias en el rendimiento entre el CMJ y SJ.

Bobbert menciona que durante el CMJ se generan mayores momentos en las articulaciones durante el inicio del empuje debido a que durante el contramovimiento se crea un estado activo de los músculos al permitirles crear varios puentes cruzados y generar más fuerza produciendo más trabajo en la fase de acortamiento [12].

Una segunda explicación es que en el SJ los músculos son incapaces de conseguir un alto nivel de fuerza antes del principio de la contracción concéntrica [13]. Esto es atribuible en parte al aumento finito por parte del Sistema Nervioso Central (SNC) del estímulo del músculo. Este estado no deseable se puede evitar permitiendo que el músculo alcance un máximo estado de activación antes de la contracción concéntrica como en el CMJ [14].

Una tercera explicación concierne al almacenamiento y reutilización de energía elástica. Durante el CMJ los músculos activos son pre-estirados y absorben energía, parte de la cuál es almacenada temporalmente en series de elementos elásticos y posteriormente es re-utilizada en la fase de contracción concéntrica de los músculos [15,16].

Una cuarta explicación es que el estiramiento del músculo durante el CMJ provoca reflejos espinales, eso ayuda a incrementar el estímulo del músculo durante la fase concéntrica a un nivel incomparable con el alcanzado con el SJ dónde no ocurre pre-estiramiento. Con éste estímulo mayor los músculos pueden producir una mayor fuerza y, por tanto, una mayor cantidad de trabajo durante la fase concéntrica [17,18].

Durante un salto vertical simple, el almacenamiento y la recuperación de energía elástica en el músculo y el tendón contribuyen en un 25-50% a la mejora de la actuación tras un gesto de contramovimiento. En la utilización de los test propuestos por Bosco, los datos demuestran que las ganancias medias están entre 15-20%. Los principales grupos musculares que participan en la capacidad de salto medida durante el test de CMJ son los extensores de la rodilla, cadera y tobillo, los cuales contribuyen en valores aproximados al 49%, 28% y 23% respectivamente [19].



**Figura 1.** Ejecución de un salto con contramovimiento sobre una plataforma de fuerza, AMTI. (Con autorización por escrito del atleta)

### **Altura del salto vertical y potencia mecánica externa de los miembros pélvicos**

La potencia mecánica externa es una componente esencial para el éxito en muchos deportes. Un medio útil para determinar la habilidad atlética, es la prueba de salto vertical, especialmente en deportes donde el salto es crítico para el éxito. El salto vertical se ha convertido en la forma estándar más ampliamente utilizada para la valoración del rendimiento atlético explosivo.

La valoración de la potencia del salto ayuda en la evaluación del progreso del atleta o en la determinación de la efectividad de un programa de entrenamiento. Sin embargo, el uso de plataformas de fuerza para determinar la potencia es costoso [20].

Las principales variables que se miden como determinantes del rendimiento del salto vertical son: la altura del salto y el pico de potencia [20, 21].

### **Altura del salto**

La altura del salto vertical se estima habitualmente a partir del tiempo de vuelo medido por una plataforma de contacto utilizando leyes balísticas. Para ello se utiliza la Ecuación 1 para calcular la altura del salto por medio del tiempo de vuelo.

$$h = tf^2 * g * 8^{-1}$$

### Ecuación 1

en dónde:  $h$  = altura en metros,  $tf$  = tiempo de vuelo en segundos,  $g$  = aceleración de la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

Al aplicar ésta ecuación se estima de manera indirecta la elevación del centro de masa y, a partir de dicha estimación es también habitual calcular el pico de potencia en Watts (W) por medio de ecuaciones de predicción [21-24].

### Potencia mecánica externa

La potencia se define como la tasa de producción de fuerza, esto es, la rapidez con que se realiza. Se puede calcular de manera directa la potencia mecánica externa ejercida por las piernas mediante una plataforma de fuerza, un dispositivo caro y no siempre disponible en laboratorios de fisiología del esfuerzo o, se puede determinar la potencia mediante varias ecuaciones de predicción obtenidas a partir de análisis de regresión múltiple, las cuales estiman la potencia del salto considerando la altura del salto y la masa del sujeto [21-23]. Una de las ecuaciones más utilizadas es la de Sayers [24], con la cual se puede estimar el pico de potencia del salto CMJ en Watts (PP), ésta ecuación es específica para éste tipo de salto. Ecuación 2.

$$PP(\text{watts}) = 51.9(\text{altura del salto CMJ en cm}) + 48.9(MC \text{ en kg}) - 2007$$

### Ecuación 2

Dónde:  $PP$  = Pico de potencia;  $MC$  = Masa corporal del sujeto

### Pico de potencia relativa: W/kg MM

El pico de potencia relativa resulta de dividir el PP entre la masa del sujeto en kg, proporcionando un dato más personalizado del rendimiento. Sin embargo, se ha mencionado que éste valor no toma en cuenta la masa muscular del sujeto, por lo que se ha propuesto una modificación a este factor dividiendo estos parámetros no entre el peso del deportista, sino entre el peso de su masa muscular calculado mediante ecuaciones antropométricas. Se ha mencionada que este valor es más útil para valorar la potencia anaeróbica en deportistas asumiendo que lo que se determina de ésta manera es la potencia máxima desarrollada por cada kilogramo de masa muscular [25].

# LA VIBRACIÓN

## Perspectiva general de la vibración

La vibración es definida como un movimiento oscilatorio. La VCC ocurre cuando el cuerpo es soportado sobre una superficie que está vibrando. La exposición puede ser cuantificada por la magnitud de vibración en la interface entre el cuerpo y la fuente de vibración.

**Las variables más influyentes que afectan los movimientos oscilatorios son:**

**Frecuencia (f):** determinada por la tasa de repetición, se expresa en ciclos por segundo o Hertz (Hz).

**Amplitud (A):** es el desplazamiento que se realiza en cada movimiento sinusoidal, expresado en mm.

**Aceleración ( $\alpha$ ):** La aceleración máxima ( $m/s^2$ ) es dependiente de la frecuencia y de la amplitud de la plataforma vibratoria y se puede calcular con la ecuación de Griffin [26]. En la Ecuación 3 se muestra el cálculo de la aceleración máxima de la vibración usando  $f$  y  $A$ .

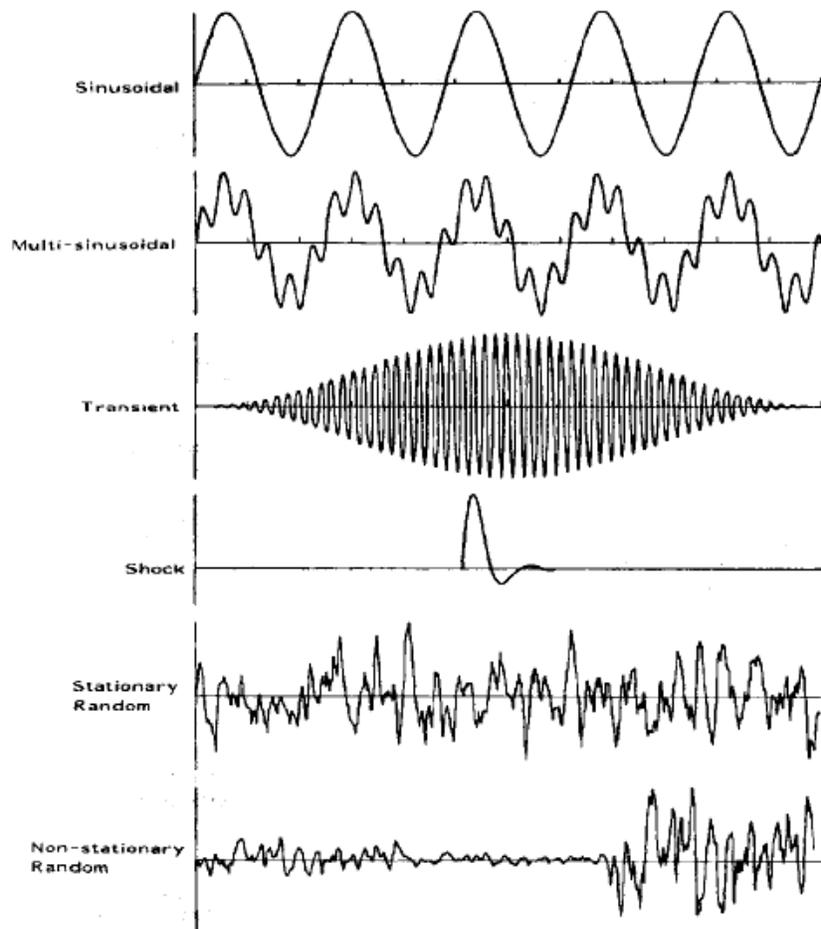
$$a_{max} = A(2\pi f)^2$$

**Ecuación 3**

**Dirección:** puede ocurrir en los ejes antero posterior (x), lateral (y), y vertical (z). Dependerá de la posición del cuerpo [26]

**Tipo de onda:** Puede ser determinista o aleatoria. La más común en los deportes es la aleatoria (por ejemplo un esquiador que se desplaza colina abajo). En contraste, el tipo de vibración transmitida por las plataformas de entrenamiento es determinista sinusoidal (Figura 2).

**Duración:** Tiempo de exposición del sujeto a la vibración. Los humanos responden a la vibración dependiendo de la duración total de la exposición [26]. Exposiciones de 1 a 20 minutos se han reportado en diversos ensayos con plataformas de entrenamiento de vibración en la mayoría con una mejoría aguda en la fuerza, la altura del salto, y la potencia de las extremidades pélvicas [27].



**Figura 2.** Diferentes tipos de onda de vibración. Griffin [26]

### **Entrenamiento de vibración**

Debido a su efecto en la actividad muscular se está investigando recientemente la vibración cómo un medio para mejorar el rendimiento muscular de los atletas [27].

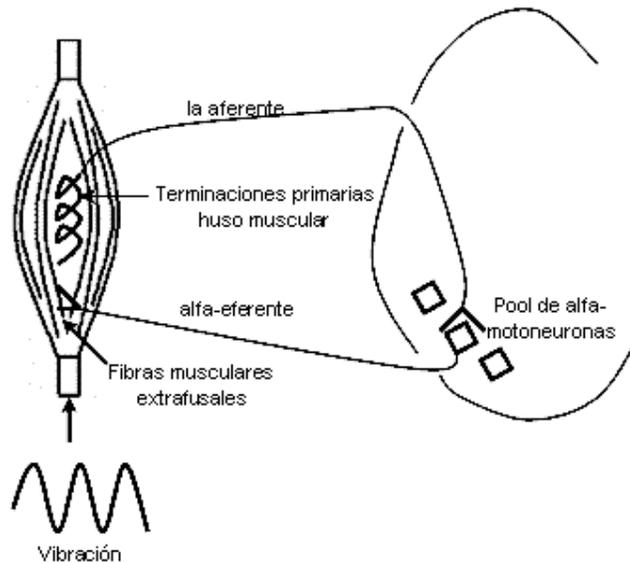
Se desconocen actualmente los mecanismos que regulan cómo reacciona el cuerpo a la vibración, sin embargo, se han propuesto varios mecanismos potenciales:

a. **Facilitación neuromuscular:** similar a la ganancia de fuerza y potencia de un entrenamiento de fuerza. Se ha sugerido que la vibración induce mejoras atribuibles a factores neurales incluyendo incremento en el reclutamiento, sincronización, coordinación muscular y respuesta propioceptiva. Se ha demostrado que la vibración produce una ilusión kinestésica que activa el área motora suplementaria, el área motora caudal cingulada y el área 4<sup>a</sup> cerebral. El área motora suplementaria se activa

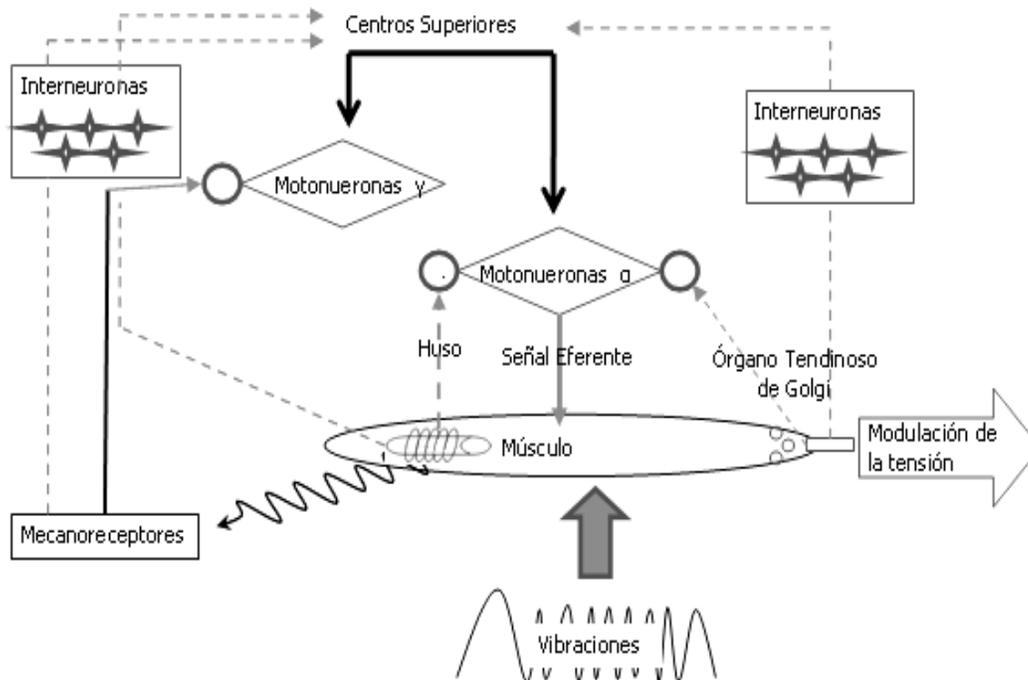
tempranamente durante los movimientos voluntarios. El estímulo vibratorio produce un estado excitado de las estructuras centrales y periféricas, que podrían facilitar el movimiento voluntario subsecuente [28].

b. **Reflejo Tónico de Vibración:** la vibración se transmite por el cuerpo y estimula los usos musculares, éstos activan a las motoneuronas  $1\alpha$  iniciando contracciones musculares reflejas. Las vías monosinápticas y polisinápticas median ésta respuesta, resultando en un incremento en la actividad de las unidades motoras (Figuras 3 y 4) [29].

c. **Fuerzas Gravitacionales Elevadas en el Músculo:** Bajo condiciones gravitacionales normales los músculos pueden mantener su desempeño. Durante condiciones de baja gravedad, disminuyen su capacidad. Un incremento en la carga gravitacional, hipergravedad, incrementa el área de corte transversal y la capacidad de generar fuerza del músculo. Las vibraciones mecánicas aplicadas a todo el cuerpo producen cambios en las condiciones gravitacionales durante la intervención [28].



**Figura 3.** Arco reflejo solicitado en la aparición del Reflejo Tónico de Vibración



**Figura 4.** Diagrama ilustrando la regulación de la tensión muscular por el estímulo de vibración. El rápido cambio en la longitud muscular y la rotación articular causada por la vibración activa el disparo de las motoneuronas  $\gamma$  y  $\alpha$  —en mayor medida ésta última— para modular la tensión muscular. Cardinale [28]

El principal argumento para utilizar la vibración para el entrenamiento muscular está basado en el supuesto que la mejora en la fuerza puede alcanzarse fácilmente y en un corto periodo de tiempo. Varios estudios han reportado incrementos agudos y crónicos en la potencia post sesión y post entrenamiento respectivamente. Sin embargo, un limitado número de estudios han reportado ausencia de efecto o incluso detrimento [4]. Cardinale [30] reportó una mejoría temporal posterior a la vibración en la altura del salto SJ del 4% en sujetos no entrenados tras 5 series de 1 minuto de duración con 60 segundos de recuperación entre series y entre las pruebas, a una frecuencia de 20Hz y una amplitud de 4mm. Además, en el mismo estudio Cardinale reportó una mejoría del 10.1% en la flexibilidad de los isquiotibiales, con el mismo protocolo. Este estudio reportó una mejoría no significativa en el salto CMJ con el mismo protocolo. El mismo estudio reportó un cambio deletéreo en tres pruebas (SJ, CMJ y sit and reach) con un protocolo de 5 series de 1 min de duración a 40Hz y 4mm de amplitud.

Otro estudio que comparó los efectos de distintos protocolos de VCC (duración de 30, 45 y 60s) (30, 35, 40 y 50Hz) sobre el PP del salto CMJ en sujetos no entrenados,

encontró que, al minuto posterior a la vibración había una mejora significativa en el PP con el protocolo 50Hz, 2-4mm amplitud y que resultó evidente al realizar la prueba al primer minuto de la recuperación y mantuvo una tendencia elevada durante los primeros 5 y 10 minutos posteriores a la intervención. Este estudio concluyó que las frecuencias bajas son más efectivas cuando se aplican con amplitudes bajas, mientras que las frecuencias altas son más efectivas cuando se aplican con amplitudes altas [31].

Cormie [6] encontró un incremento significativo en el salto (CMJ) inmediatamente después de la VCC al comparar con una intervención sobre la plataforma (30Hz, baja amplitud, 30s) pero éste incremento se redujo a los 5 minutos post intervención.

Bosco [32], describió que una sola sesión de VCC (26 Hz, 10 mm amplitud 10 series de 1min con 1 min recuperación) mostró un incremento temporal en la producción de fuerza promedio, velocidad promedio y en la potencia promedio en la única pierna sometida a la intervención en jugadoras de la Liga Nacional de Voleibol de Italia. En contraste, las exposiciones prolongadas, hasta el punto en que el sujeto alcanza el agotamiento, han demostrado disminuciones en la altura del salto SJ. Rittweger [8] ha reportado que exposiciones de 200 a 475 segundos a 26Hz y 11mm de amplitud con cargas externas adicionales equivalentes al 35 y 45% del peso corporal producen disminución aguda en la altura del salto (9.1%) y en la fuerza de extensores de rodilla (9.2%) post intervención. Rittweger en su estudio, comparó la VCC con una prueba en cicloergómetro hasta el punto de fatiga en que los sujetos alcanzaron 18 en la escala de percepción del esfuerzo de Borg encontrando que el consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub>max) durante la VCC correspondió al 48.8% del VO<sub>2</sub>max por cicloergómetro. Además, consideró que las disminuciones en la potencia pueden ser el resultado de la fatiga muscular o neural derivada de la aplicación de la VCC hasta el agotamiento o un ciclo no efectivo de carga/recuperación.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La competencia en el deporte colegial, profesional y olímpico es intensa. Los atletas y entrenadores buscan constantemente opciones que ayuden a potenciar el rendimiento deportivo y les brinden ventajas competitivas. El voleibol y el basquetbol, son deportes que requieren saltos frecuentes y movimientos explosivos con mucha potencia. Estos factores son considerados específicos para el éxito en el voleibol y el basquetbol. En su afán de obtener un mayor rendimiento muchos atletas recurren a métodos y sustancias prohibidas con el inherente daño en la salud y el riesgo potencial de sanción temporal o definitiva de acuerdo a la Agencia Mundial Antidopaje.

## **JUSTIFICACIÓN**

La vibración de cuerpo completo es una intervención potencialmente ahorradora de tiempo puesto que no requiere de intervenciones prolongadas. Se ha observado que una sola sesión de vibración induce una mejoría aguda en el rendimiento del salto por estímulos neuromusculares. Sin embargo, aún se ignora cuál es la dosis más adecuada. Algunos estudios han encontrado un efecto deletéreo en el rendimiento después de la exposición aguda a la vibración. En consecuencia, se necesitan más estudios que ayuden a determinar cuál es la dosis óptima de vibración de cuerpo completo.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Evaluar el efecto agudo de una sesión de vibración de cuerpo completo sobre el rendimiento del salto vertical en jugadores de voleibol y basquetbol de los equipos representativos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

## **Objetivos Específicos**

1. Evaluar la duración del efecto agudo de una sesión de vibración de cuerpo completo (50Hz, 4-6mm, 1 min de duración) sobre el pico de potencia y la altura del salto con contramovimiento en hombres y mujeres jugadores de voleibol y basquetbol.
2. Evaluar la influencia del género sobre el pico de potencia y la altura del salto antes y después de la vibración de cuerpo completo.
3. Evaluar la influencia del porcentaje de masa muscular por género en el pico de potencia y el pico de potencia relativa antes y después de la vibración de cuerpo completo.

## **HIPOTESIS**

En jugadores de voleibol y basquetbol una sesión de vibración de cuerpo completo mejorara el rendimiento del salto siendo esto más notorio en hombres debido al mayor porcentaje de masa muscular

## **DISEÑO EXPERIMENTAL**

Se realizó un estudio de intervención, no controlado longitudinal (antes-después) [33] evaluando el comportamiento de las variables en estado basal y posterior a la intervención en los minutos 1, 5, 10, 15, 30, 60.

## **METODOLOGIA**

### **Tamaño de la muestra**

La muestra quedó conformada por veinticinco jugadores (Edad  $19.5 \pm 2.2$ ) de ambos sexos, catorce hombres (56%) y once mujeres (44%). Diez jugadores de basquetbol (40%) y quince de voleibol de sala (60%).

### **Criterios de inclusión**

Se incluyeron los atletas con los siguientes criterios de inclusión:

1. Atletas sin enfermedad, lesión o cualquier condición que contraindique la exposición a la vibración.

### **Criterios de exclusión**

No fueron seleccionados para este estudio los atletas que presentaran alguno de los siguientes criterios de exclusión:

1. Sujetos que estén buscando un incremento de la potencia y la fuerza muscular por otros medios y/o métodos de entrenamiento (ingesta de creatina, aplicación de electro estimulación muscular). (ver Anexo 1).
2. Mujeres portadores de Dispositivo Intrauterino (DIU).
3. Embarazo o sospecha del mismo. (Se generó un formulario de aptitud para el entrenamiento de vibración de acuerdo a los criterios descritos por Abercromby y Mester [34-35]).

### **Criterios de eliminación**

1. No fueron tomados en cuenta aquellos sujetos que no cumplieron con todas las valoraciones, que presentaran algún efecto adverso y/o manifestaran su deseo de no continuar en el estudio.

## **CONSIDERACIONES ÉTICAS**

Todos los participantes proporcionaron consentimiento informado por escrito antes de participar. El formulario de consentimiento informado se revisó de manera conjunta con el participante y se aclararon dudas. En el caso de voluntarios menores de edad (<18 años) un acompañante adulto estuvo presente a lo largo de todo el estudio, el representante legal fue informado y firmó también el consentimiento antes de la participación de su representado. (Consideraciones éticas, de seguridad y consentimiento informado: ver Anexo 2).

## DESCRIPCION DE LAS VARIABLES

### Variables independientes

Sesión de VCC a una frecuencia de 50Hz y una amplitud de 4 a 6mm.

Tiempo: Valoraciones previa a la intervención e inmediatamente posterior en los minutos 1,5, 10, 15, 30 y 60

### Variables dependientes

Altura del salto en cm

Pico de potencia en Watts

Potencia relativa en W/kg MM

## PROCEDIMIENTO

### Antropometría

Todos los sujetos se presentaron al laboratorio de análisis del movimiento sin haber realizado ejercicio en las 24 hrs previas. Las mediciones y pruebas se realizaron el mismo día durante el curso de la mañana. Se realizaron mediciones antropométricas por duplicado, de acuerdo a lo establecido por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK: International Society for the Advancement of Kinanthropometry) [36] (Proforma ISAK: ver Anexo 3). Para la toma de pliegues cutáneos se utilizó un plicómetro Harpenden con una precisión de 0.2mm y una presión constante de 10 g/mm<sup>2</sup> (Holtain Ltd, Crosswell, Crymych, UK). La densidad corporal (Dc) se calculó con la ecuación de Jackson y Pollock [37] para deportistas hombres de 7 pliegues (Ecuación 4) y para mujeres con la de 4 pliegues [38] (Ecuación 5). Para obtener el porcentaje de grasa corporal (%MG) a partir de la Dc se usó la ecuación de Siri [39] en el caso de hombres (Ecuación 6) y, para mujeres se utilizó la ecuación de Heyward [40] (Ecuación 7). La MO (%MO) fue calculada mediante la ecuación de Rocha [41] (Ecuación 8). La MM (%MM) se calculó utilizando la ecuación de Lee [42] para hombres y mujeres (Ecuación 9) y, para

determinar la masa o peso residual (%MR) se sumaron los componentes calculados y se les restó el peso corporal total de acuerdo al método descrito por el Grupo español de cineantropometría de la federación española de medicina del deporte (GREC-FEMEDE) [43] (Ecuación 10). El somatotipo se determinó con el método de Heath-Carter [44].

El Área muscular del brazo libre de hueso se calculó con la ecuación de Heymsfield [45] ( $AMB \text{ cm}^2$ ) (Ecuación 11 y 12). Para determinar el Área muscular de corte transversal del muslo ( $AMM \text{ cm}^2$ ) se utilizó la ecuación de Knapik [46] (Ecuación 13). La ecuación de Rolland-Cachera validada por Fernández [47] ( $AMP \text{ cm}^2$ ) se utilizó para calcular el Área muscular de corte transversal de la pierna (Ecuación 14). (Ecuaciones antropométricas: ver Anexo 4).

### **Evaluación del salto basal**

Después de la antropometría los sujetos realizaron una sesión estándar de calentamiento (Ver Anexo 5). Para evitar un efecto de aprendizaje, todos ejecutaron una sesión de adiestramiento en la técnica del salto vertical CMJ, así como de familiarización con los dispositivos a utilizar. Una vez depurada la técnica del salto, fueron instrumentados con el equipo de captura de movimiento humano (Skill technologies, USA). Se utilizó un protocolo de captura con un sensor de movimiento y una plataforma de fuerza (AMTI, USA) con frecuencia de muestreo para ambos de 120 Hz. Se ubicó el borde superior de las crestas iliacas de acuerdo a lo establecido por la ISAK y se trazó una línea horizontal, con un lápiz dermatográfico que unía el borde superior de las crestas con la columna vertebral. En dicha intersección se colocó el sensor de movimiento, adherido con cinta adhesiva, asegurado con un cinturón elástico y sin que obstruyera el movimiento del sujeto.

**Técnica del salto CMJ:** En el salto CMJ el sujeto parte de una posición en bipedestación, con las manos en la cadera. Se cuenta 3, 2, 1 y se indica ¡Salta!, momento en que el sujeto flexiona las rodillas y ejecuta el salto tan alto como le sea posible, sin quitar las manos de la cadera, todos los sujetos realizaron tres intentos, se dejó libre el ángulo de flexión de rodillas, durante la ejecución todos fueron alentados verbalmente para hacer su máximo esfuerzo.

Los saltos fueron ejecutados sobre la plataforma de fuerza con la cual se midió la potencia mecánica de salida de los miembros pélvicos.

Para determinar la altura del salto se consideró el desplazamiento vertical (en eje z) del centro de masa registrado por el sensor de movimiento. El mejor resultado de la altura del salto se tomó para calcular el pico de potencia y realizar el análisis estadístico.

### **Intervención con la vibración de cuerpo completo**

Posterior a los tres saltos basales, los sujetos realizaron una sesión de entrenamiento de vibración sobre una plataforma de vibración Power Plate (Power Plate North America, Northbrook, Illinois) de un minuto de duración a 50Hz y 4-6mm de amplitud con las rodillas flexionadas a 50° ( $2.27 \text{ rad} = 130^\circ$ ) con las piernas separadas a la altura de las caderas (Figura 5).



**Figura 5.** Posición del atleta sobre la plataforma de vibración con rodillas a 50° de flexión (determinado con goniómetro clínico).

### **Seguimiento posterior a la vibración**

Al finalizar la sesión de vibración se activó un cronómetro y los sujetos ejecutaron tres saltos en los minutos 1, 5, 10, 15, 30 y 60 posteriores a la vibración con metodología similar a la descrita en la evaluación del salto basal.

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron analizados empleando el programa estadístico SPSS V.15 para Windows (SPSS Inc, USA) y se expresan como  $\bar{x} \pm s$  (promedio  $\pm$  desviación estándar). Se realizó estadística descriptiva y comparativa de las variables para determinar diferencias significativas entre la potencia y la altura del salto entre las diferentes mediciones en el tiempo. Se utilizó una prueba *t* de student pareada para comparaciones intra-sujeto y *t* de student para muestras independientes para hacer comparaciones entre sujetos. Se consideró un nivel de significancia  $p \leq 0.05$  y un intervalo de confianza del 95%. La variabilidad intra observador de las mediciones antropométricas se determinó mediante ANOVA de una vía y se expresa como porcentaje de error técnico de medida.

## RESULTADOS

Participaron veinticinco jugadores (Edad  $19.5 \pm 2.2$ ) de ambos sexos. Ningún atleta cumplió criterio de exclusión ni de eliminación por lo que todos fueron considerados. Las características de los sujetos se presentan en la Tabla I.

**Tabla I. Características físicas y antropométricas de todo el grupo**

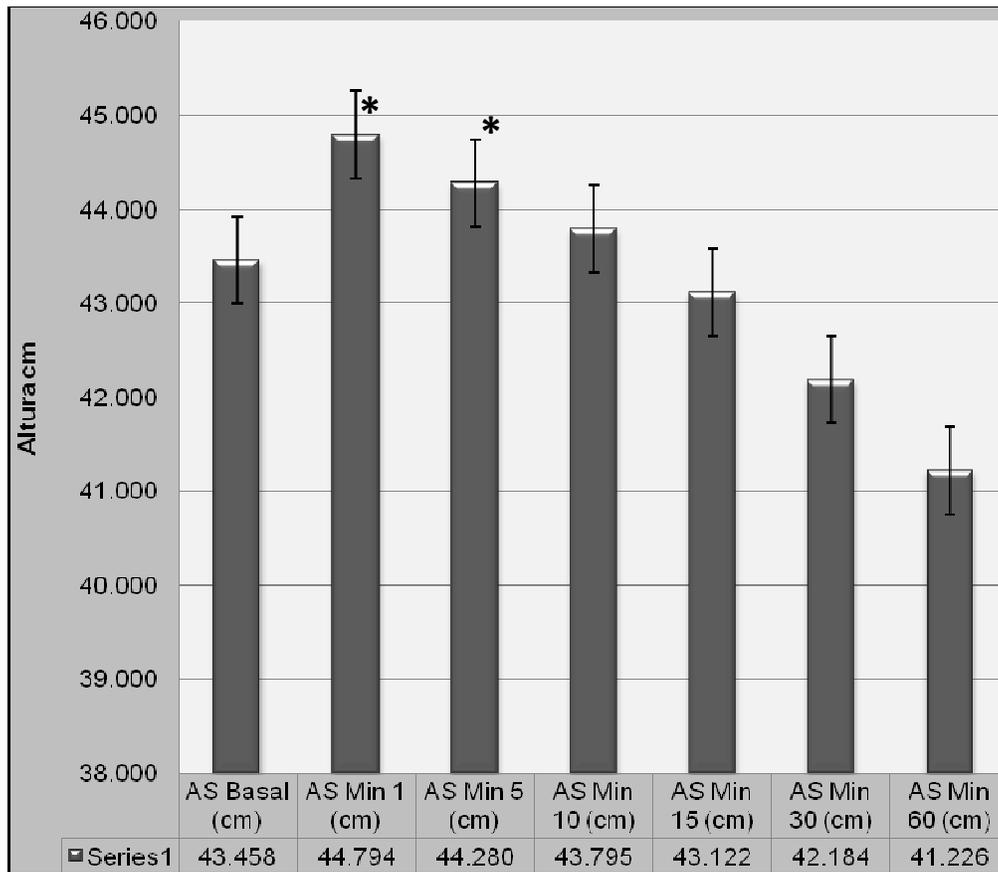
<b>n = 25</b>	<b>Promedio</b>	<b>Desviación estándar</b>
<b>Edad (años)</b>	19.58	2.26
<b>Masa Corporal (kg)</b>	73.49	16.06
<b>Talla (m)</b>	1.76	0.12
<b>Porcentaje de Masa Muscular</b>	39.87	4.22
<b>Porcentaje de Masa Grasa</b>	14.43	6.72
<b>Porcentaje de Masa Ósea</b>	15.34	1.49
<b>Porcentaje de Masa Residual</b>	30.49	3.83
<b>Endomorfia</b>	3.83	1.35
<b>Mesomorfia</b>	3.85	1.32
<b>Ectomorfia</b>	2.36	1.37
<b>Área Muscular del Brazo cm<sup>2</sup></b>	44.05	12.12
<b>Área Muscular del Muslo cm<sup>2</sup></b>	152.04	31.18
<b>Área Muscular de la Pierna cm<sup>2</sup></b>	103.35	16.72

Los hombres resultaron con mayor masa corporal, talla, MM, y MR que las mujeres y ésta diferencia fue significativa. Asimismo, en el AMB, AMM y AMP resultaron con mayores dimensiones los hombres que las mujeres con diferencia significativa. Las mujeres tuvieron un mayor porcentaje de MG que los hombres y la diferencia fue significativa. Tabla II.

**Tabla II. Características antropométricas: Hombre vs Mujer**

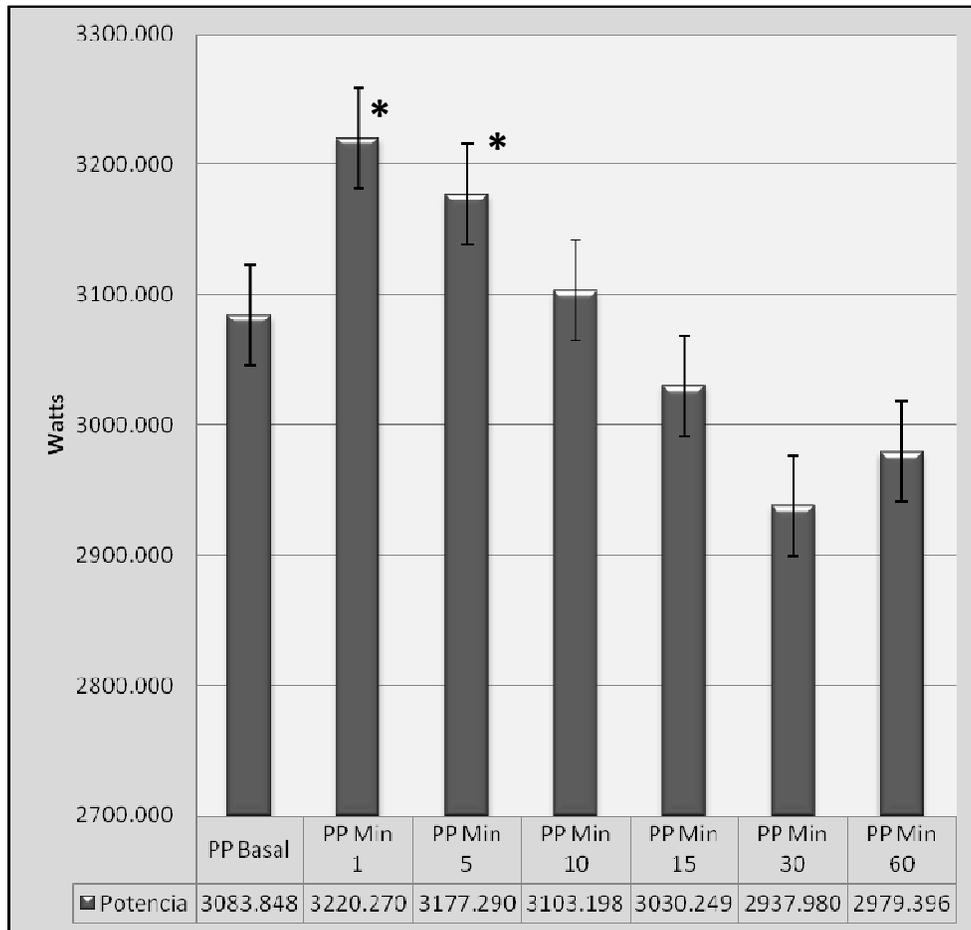
	Hombre n = 14	Mujer n = 11	<i>p</i>
Masa Corporal (kg)	82.16 ± 15.53	62.46 ± 8.17	0.001
Talla (m)	1.84 ± 0.1	1.67 ± 0.06	0.001
Porcentaje de Masa Muscular	41.57 ± 4.85	37.83 ± 2.08	0.035
Porcentaje de Masa Grasa	9.91 ± 4.51	19.86 ± 4.54	0.001
Porcentaje de Masa Ósea	15.65 ± 1.62	14.97 ± 1.31	0.298
Porcentaje de Masa Residual	33.12 ± 2.82	27.33 ± 2.02	0.001
Área Muscular del Brazo cm <sup>2</sup>	52.10 ± 9.01	34.40 ± 7.33	0.001
Área Muscular del Muslo cm <sup>2</sup>	168.11 ± 26.04	132.76 ± 26.12	0.005
Área Muscular de la Pierna cm <sup>2</sup>	110.63 ± 16.19	94.62 ± 13.29	0.021

En la Altura del Santo (AS) se dio un incremento significativo en los minutos uno y cinco, de un valor basal de 43.45 cm pasó a 44.79 cm y 44.28 en los minutos 1 y 5 respectivamente. En el minuto diez la AS fue mayor que la basal pero la diferencia no fue significativa. A partir del minuto quince ocurrieron disminuciones en la altura de los saltos (Figura 6).



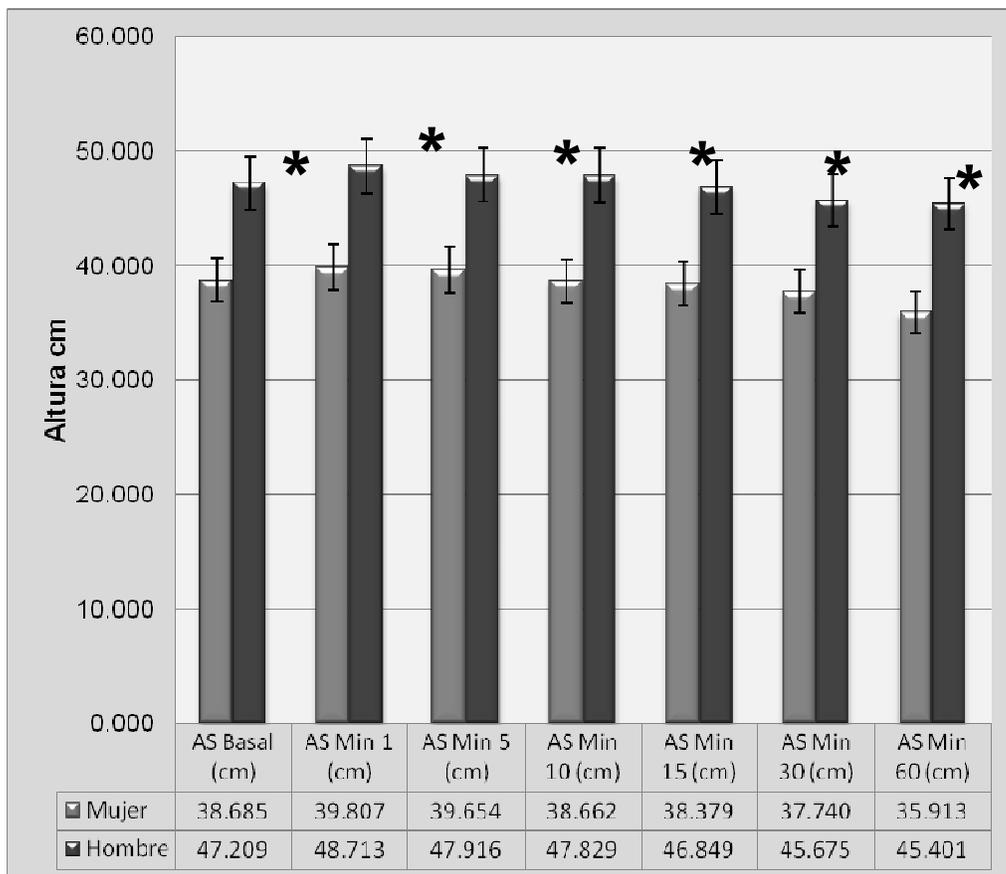
**Figura 6.** Incremento en la Altura del Salto en los minutos uno y cinco posteriores a la vibración de jugadores de voleibol y basquetbol. \* Diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ).

El Pico de Potencia (PP) basal, se incrementó de 3083.8W a 3220.2W en el minuto uno, incremento que resultó significativo. En el minuto cinco el PP resultó más alto que en el basal y la diferencia fue significativa. En el minuto diez la tendencia se mantuvo elevada pero no resultó significativa. A partir del minuto quince la potencia fue disminuyendo y, tendió a recuperarse en el minuto sesenta pero no alcanzó a superar de manera significativa el valor del PP basal (Figura 7).



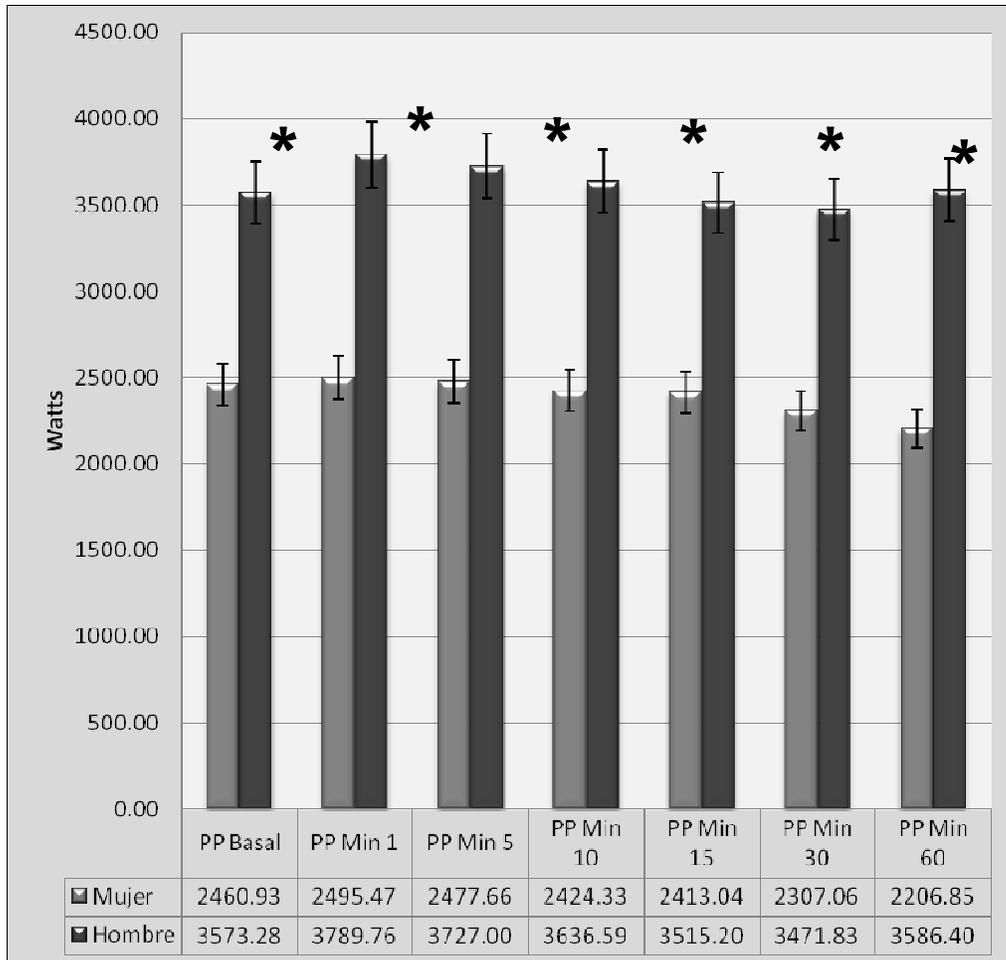
**Figura 7.** Incremento del Pico de Potencia en el minuto uno y cinco después de la vibración de jugadores de voleibol y basquetbol. \* Diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ).

Al comparar hombres contra mujeres en la AS, antes y después de la vibración se observó una mayor AS en los hombres a lo largo del tiempo y, la diferencia fue significativa (Figura 8).



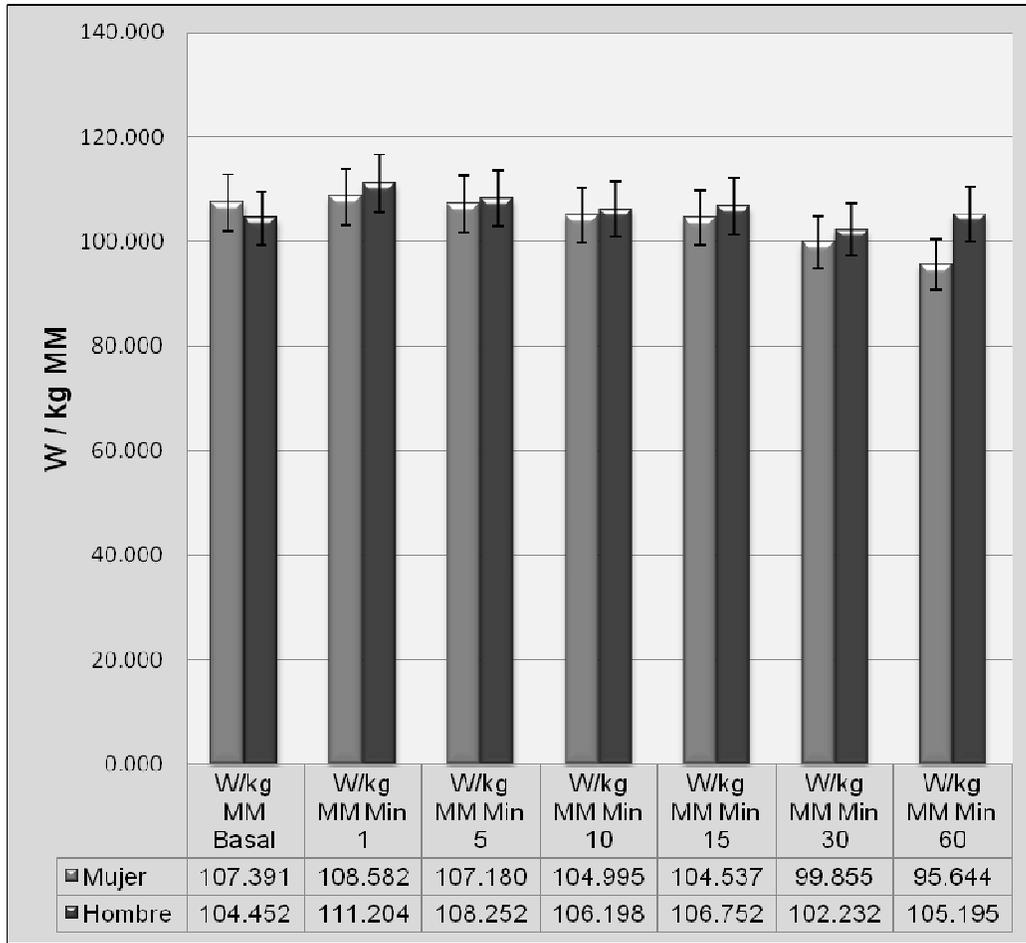
**Figura 8.** Comparación de la Altura del Salto entre hombres y mujeres, antes y después de la vibración. \* Diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ).

Los hombres produjeron más potencia absoluta que las mujeres antes y después de la vibración. La diferencia fue significativa (Figura 9).



**Figura 9.** Comparación del Pico de Potencia entre hombres y mujeres, antes y después de la vibración. \* Diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ).

No hubo diferencias significativas en la potencia relativa (W/kg MM) al comparar hombres contra mujeres a lo largo de todas las pruebas (Figura 10).



**Figura 10.** Comparación del Pico de Potencia Relativa entre hombres y mujeres, antes y después de la vibración. W / kg MM = Watts por kg de masa muscular.

### **Error técnico de medida de las mediciones antropométricas**

La medida del pliegue del bíceps tuvo el porcentaje de error técnico de medida más alto (2.65%), el resto de las mediciones tuvieron menor grado de error.

## **DISCUSIÓN**

En el presente estudio evaluamos el efecto agudo de una sesión de VCC sobre la AS y el PP. La dosis de VCC utilizada fue de un minuto de duración a una frecuencia de 50Hz, una amplitud de 4 a 6mm, por lo que los atletas estuvieron expuestos a una aceleración de 394.18 a 592.18 m/s<sup>2</sup> y una gravedad de 40.26 a 60.39 g. Este es el primer estudio que reporta el efecto agudo en los minutos 1, 5, 10, 15, 30 y 60 posteriores a la VCC utilizando la mayor gravedad proporcionada por la plataforma Power Plate en una muestra de jugadores de voleibol y basquetbol de los equipos representativos de la UNAM.

### **Incremento agudo en la altura del salto y en el pico de potencia**

Se observó un incremento significativo en la AS en los minutos 1 y 5 posteriores a la sesión de vibración. También se observó un incremento no significativo de la AS en el minuto 10. Un resultado similar se observó en el PP. Sin embargo, a partir del minuto 15 la AS y el PP disminuyeron con respecto a los incrementos iniciales pero, la AS continuó disminuyendo a lo largo del tiempo, mientras que el PP tuvo una tendencia a incrementarse de manera no significativa en el minuto 60. Este incremento pudo deberse a un efecto de recuperación puesto que para las tres últimas ejecuciones pasaron 30 min de recuperación, sin embargo, no contamos con información que pueda corroborar éste dato. Es posible que nuestros resultados, indicando la mayor mejoría en el minuto 1 post intervención pueda deberse a la metodología empleada. En cada punto del tiempo se ejecutaron 3 saltos CMJ, por lo que es posible que el rendimiento de cada salto afectara el rendimiento del subsecuente. La mejoría transitoria en el rendimiento del salto posterior a la intervención es consistente con lo reportado por Cormie, Adams y Armstrong [6, 31, 49]. Cormie [6] en su estudio evaluó el PP y la AS en condiciones basales e inmediatamente posterior a la VCC, así como en los minutos 5, 15 y 30 post intervención reportando una mejoría significativa en la AS inmediatamente posterior a la VCC al comparar con una intervención simulada sobre la plataforma de vibración, Cormie no reporta ningún cambio en el PP, sin embargo, en su estudio utilizó el PP calculado por la ecuación de Sayers [24], mientras que nosotros usamos la medición directa con la plataforma de fuerza, consideramos que las diferencias podrían estar influenciadas por las diferencias metodológicas y por la dosis de VCC utilizada por Cormie (30Hz, 2.5mm de amplitud, 30seg de duración, rodillas a 100° de flexión). Adams [31] describe una mejoría significativa en el PP,

utilizando la ecuación de Sayers, en los minutos 1 y 5 post intervención, Adams y colaboradores no evalúan más allá del minuto 10 postintervención, concluyen que una sesión de tan sólo 30seg (50Hz, 4-6mm de amplitud y 30Hz, 2-4mm de amplitud, rodillas a 50° de flexión) es suficiente para producir el efecto descrito. Armstrong [49] en su estudio evaluó el efecto de 8 combinaciones de VCC (1min duración, rodillas 10° de flexión) sobre la AS inmediatamente después de la VCC, así como en los minutos 5, 10, 15, 20, 25 y 30 post intervención, reporta que hay un incremento significativo en los minutos 5 y 10 en la AS y que se mantiene una tendencia elevada al comparar con la AS basal a lo largo de los 30min post intervención. Nuestros hallazgos contradicen lo reportado por Rittweger [8], éste autor reporto una disminución en la AS posterior a la sesión de VCC y es probable que las diferencias se deban a que Ritweguer utilizó una dosis de VCC que llevo a los participantes de sus estudio hasta el punto de fatiga durante la sesión de VCC.

Según Abercromby y colaboradores [34] con el estiramiento muscular se tensan las fibras musculares intrafusales, esto provoca un mayor estímulo de las fibras durante la VCC por lo que se puede controlar el grado de estimulación de cada ciclo de vibración considerando el ángulo de flexión de la rodilla durante la vibración. Nosotros utilizamos un ángulo de 50° de flexión de la rodilla y encontramos que es útil para incrementar el rendimiento con la dosis utilizada. Este hallazgo contrasta con lo reportado por Abercromby y colaboradores quienes describieron que un ángulo de  $18.5 \pm 3^\circ$  puede mejorar la activación muscular de los músculos extensores de rodilla durante la VCC. Sin embargo, la población participante difiere de manera importante puesto que nosotros reclutamos atletas jóvenes y, en el estudio de Abercromby participaron adultos de la National Aeronautics and Space Administration (NASA) – Johnson Space Center. Además, Abercromby menciona que aunque habían planeado investigar la actividad muscular en una variedad más amplia de ángulos, varios de los sujetos de su estudio no lograron alcanzar los 40° de flexión por lo que sólo analizaron datos entre 10 a 35° de flexión. Mientras que, en nuestro estudio todos los atletas alcanzaron la posición de rodillas en 50° de flexión sin dificultad.

### **Diferencias entre géneros**

Nuestros datos indican que los hombres generan una mayor AS que las mujeres antes y después de la VCC y que ésta diferencia es significativa a lo largo del tiempo. Al parecer, la mayor AS en los hombres está influenciada por un mayor porcentaje de

MM y menor porcentaje de MG que las mujeres. Además, los hombres tuvieron una mayor AMB, AMM y AMP, lo que sugiere una acumulación mayor de masa muscular en las extremidades torácicas y pélvicas que se puede asociar a una mayor AS. Maughan y colaboradores [48] encontraron una correlación positiva entre la Masa Libre de Grasa (MLG) y la fuerza isométrica máxima de los extensores de rodilla, correlación que no se presentó en las mujeres. Sin embargo, encontraron una correlación significativa, presente en hombres y mujeres, entre el área de corte transversal del muslo y la fuerza muscular. Maughan determinó el área de corte transversal del muslo mediante TAC y reportó un área de  $83.2 \pm 12.3 \text{ cm}^2$  en hombres y de  $55.4 \pm 6.2 \text{ cm}^2$  en las mujeres, los sujetos de su estudio no eran atletas lo que contrasta con nuestros hallazgos, nosotros encontramos que nuestros atletas tuvieron una mayor AMM, de  $168 \pm 26.04 \text{ cm}^2$  y  $132.76 \pm 26.12 \text{ cm}^2$  en hombres y mujeres respectivamente. Además, nuestros resultados coinciden con lo reportado por Maughan sobre la diferencia significativa entre la talla, la masa corporal y la menor cantidad de grasa corporal al comparar los hombres con las mujeres.

En cuanto al pico de potencia absoluta, los hombres resultaron con valores significativamente mayores que las mujeres. Sin embargo, la diferencia entre sexos se pierde al hacer el ajuste por potencia relativa ( $\text{W/kg MM}$ ), lo que sugiere que la diferencia entre sexos podría estar determinada por el mayor porcentaje de MM de los hombres.

Los atletas de basquetbol y voleibol pasan gran parte del tiempo de juego en acciones ofensivas y defensivas, por lo que un objetivo que se busca es que sean capaces de saltar más alto y de generar elevados picos de potencia que les permitan realizar movimientos explosivos durante las condiciones del juego real y así tener ventajas competitivas, por esto los atletas y entrenadores invierten gran cantidad de tiempo y esfuerzo en entrenamientos de fuerza, pliometricos y combinaciones (como el método complejo: fuerza más pliométricos) con la intención de mejorar el rendimiento en el salto [50, 51, 52]. Sin embargo, estas estrategias son útiles a largo plazo y carecen de efecto ergogénico agudo. Woolstenhulme [53] reportó que no ocurrió mejoría aguda en la AS ni en el PP en las 6 horas posteriores a una sesión de entrenamiento de fuerza en jugadores de basquetbol. Sáez-Saez De Villarreal [54] en un meta-análisis reportó que el entrenamiento pliométrico produce mejoría significativa en el rendimiento del salto tras un mínimo de 10 semanas de entrenamiento. En cuanto al entrenamiento complejo, Randall y William [55] han descrito la ausencia de mejoría en la AS CMJ en los minutos 1, 2, 3 y 4 posteriores a la fase de fuerza de una sesión de entrenamiento

complejo, en atletas de la 1ª división de la Asociación Nacional de Atletismo Colegial (National Collegiate Athletic Association: NCAA). Además, Jones [56] tampoco encontró mejoría aguda en el rendimiento del salto CMJ en los minutos 3, 10 y 20 posteriores a una sesión de entrenamiento complejo.

Los programas de entrenamiento del basquetbol y voleibol son complejos, y muchas capacidades que se requerirán durante el juego deben ser cubiertas (preparación técnica, táctica, física y teórica) por lo que el tiempo es un recurso limitado y sumamente valioso. Es en el ahorro de tiempo dónde existe una potencial aplicación práctica del entrenamiento de VCC. En general nuestros resultados indican que se incrementa la AS y el PP de manera aguda después de una sola sesión de VCC de un minuto de duración y que ese efecto de potenciación del rendimiento no va más allá del minuto 10 posterior a la intervención. El conocer la duración del efecto agudo es muy importante por su aplicación práctica en la competencia o en el entrenamiento. Los resultados encontrados en nuestro estudio indican que el estímulo utilizado es efectivo para potenciar el rendimiento de manera aguda. De momento la AMA no ha emitido ninguna recomendación sobre la utilización de ésta tecnología. Sin embargo, es probable que en el curso de la presente década sea cada vez más frecuente observar la utilización de VCC en eventos de basquetbol y voleibol antes de una jugada crítica. Aunque la mejoría en la AS y el PP alcanzada en éste estudio no puede ser extrapolada para predecir el rendimiento en el campo de juego, ésta podría tener relevancia en las situaciones de juego como en los cambios de dirección, saltos y aceleraciones, dónde la potencia máxima es importante. En éste contexto, se requiere sólo una pequeña mejoría en el rendimiento muscular que otorgue una ventaja competitiva en la competencia de elite. Se requerirán estudios prospectivos para determinar si éste estímulo es efectivo en programas de entrenamiento a mediano y largo plazo. Ya han comenzado a publicarse estudios sobre los efectos crónicos de la VCC, se requieren nuevos estudios que comparen ésta estrategia con métodos tradicionales de entrenamiento de la potencia muscular (pliométricos, fuerza y/o entrenamiento complejo) y definan cuál es la mejor opción.

Sobre la utilización de la VCC en poblaciones especiales (obesos, diabéticos, ancianos, y niños) no existe información suficiente. Actualmente el Colegio Americano de Medicina del Deporte (American College of Sports Medicine: ACSM) no ha publicado ninguna postura al respecto.

Dado que el entrenamiento de VCC es ahorrador de tiempo se requieren con urgencia nuevos estudios que determinen la utilidad y la seguridad de la VCC en poblaciones diversas.

## **CONCLUSIONES**

1. Una sesión de VCC de un minuto de duración a una frecuencia de 50Hz, 4-6m de amplitud produce un incremento agudo en la AS y el PP del salto CMJ en jugadores de los equipos representativos de voleibol y basquetbol de la UNAM. El incremento en la AS y el PP es significativo en los minutos 1 y 5 manteniendo una tendencia elevada pero no significativa hasta el minuto 10 posterior a la sesión.
2. El género influye en la AS y el PP antes y después de la VCC. Los hombres saltan más alto y generan PP significativamente más elevados. Sin embargo, esa diferencia no es significativa al comparar utilizando el PP relativa (W/kg MM).
3. La diferencia entre hombres y mujeres podría estar determinada por el mayor porcentaje de MM de los hombres al comparar con las mujeres.

## BIBLIOGRAFIA

1. Greene JJ, McGuiene TA, Levenson G, Best TM. Anthropometric and performance measures for high school basketball players. *J Athl Training*. 1998; 33(3): 229-232.
2. Sheppard JM, Cronin JB, Gabbett TJ, McGuigan MR, Etxebarria N, Newton RU. Relative importance of strength, power and anthropometric measures to jump performance of elite volleyball players. *J Strength Cond Research*. 2008; 22(3): 758-765.
3. Vaquera A, Rodriguez JA, Villa JG, García J, Avila C. Physiological and biomechanical qualities of the young player in the "EBA" League. *Motricidad. Eur J Human Movement*. 2002; 9: 43-63.
4. Rehn B, Lidstrom J, Skoglund J, Lindstrom B. Effects on leg muscular performance from whole-body vibration exercise: a systematic review. *Scand J Med Sci Sports* 2007; 17:2-11.
5. Prohibited List. Consultado en: <http://www.wada-ama.org/en/World-Anti-Doping-Program/Sports-and-Anti-Doping-Organizations/International-Standards/Prohibited-List/>
6. Cormie P, Russell SD, Travis TN, McBride Jeffrey. Acute effects of whole-body vibration on muscle activity, strength, and power. *J Strength Cond Res*. 2006; 20(2); 257-261.
7. Dolny DG and Cisco RF. Whole body vibration exercise: Training and benefits. *Curr Sports Med Reports*. 2008; 7(3):152-157.
8. Rittweguer, J., Beller, G, and Felsenberg, D. Acute physiological effects of exhaustive whole body vibration exercise in man. *Clin Phys* 2000; 20: 134-142.
9. Norton K and Olds T. *Anthropometrica*. Southwood Press. 1996. Sidney.
10. Saez de Villarreal ES. Variables determinantes en el salto vertical. *Revista Digital*. 2004; 10(70). Consultado el 30 Sept 2010 <http://www.efdeportes.com/>
11. La fuerza explosiva en el salto. *ISDe Sports Magazine*. Revista de entrenamiento deportivo y preparación física. Consultado el 20 Sept 2010 [www.isde.com.ar/ojs/index.php/isdesportsmagazine/article/.../16](http://www.isde.com.ar/ojs/index.php/isdesportsmagazine/article/.../16) -
12. Bobbert MF, Gerritsen KG, Litjens MC, Van Soest AJ. Why is countermovement jump height greater than squat jump height? *Med Sci Sports Exerc*. 1996; 28(11):1402-12.
13. Cavagna, G. A., B. Dusman, and R. Margaria. Positive work done by a previously stretched muscle. *J. Appl. Phys* 1968; 24:21-32.
14. Chapman, A. E., G. E. Caldwell, and W. S. Selbie. Mechanical output following muscle stretch in forearm supination against inertial loads. *J. Appl. Phys* 1985; 59:78-86.
15. Ingen Schenau, G. J. van. An alternative view of the concept of utilization of elastic energy in human movements. *Hum. Mov. Sci*. 1984; 3:301-336.
16. Komi, P. V. and C. Bosco. Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Med. Sci. Sports* 1978; 10:261-265.
17. Dietz, V., D. Schmidtbleicher, and J. Noth. Neuronal mechanisms of human locomotion. *J. Physiol*. 1978; 238:139-155.

18. Melvill Jones, G. and D. G. D. Watt. Observations on the control of stepping and hopping movements in man. *J. Physiol* 1971; 219:709-727.
19. Kibele, A. Possible errors in the comparative evaluation of drop jumps from different heights. *Ergonomics* 1999; 42(7), 1011-1014.
20. AJ Lara Sánchez, J Abián Vicén, LM Alegre Durán, L Jiménez Linares, Aguado X. Medición directa de la potencia con test de salto en voleibol femenino. *Arch Med Dep.* 2005; 106 (22): 111-120.
21. Shetty AB. Estimation of leg power: a two-variable model. *Sports Biomech.* 2002; 1(2):147-55
22. Johnson DL and Bahamonde R. Power Output Estimate in University Athletes. *J Strength Cond Res* 1996; 10(3):161-166
23. Canavan PK., Veskovi JD. Evaluation of Power Prediction Equations: Peak Vertical Jumping Power in Women. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36 (9): 1589-1593
24. Sayers, SP., Harackiewicz DV, Harman, EA, Fryman, PN, and Rosenstein MT. Cross validation of three jump power equations. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31:572-577
25. Garrido CRP, Gonzalez LM. En el Test de Wingate, ¿es adecuado dividir la potencia máxima entre el peso muscular de nuestros deportistas? *efdeportes Revista Digital* 2004. 10(73) Consultado el 10 marzo de 2010 [://www.efdeportes.com/](http://www.efdeportes.com/)
26. Griffin, M.J. *Handbook of Human Vibration*. London: Academic Press, 1996.
27. Matthew J. Jordan,<sup>1</sup> Stephen R. Norris,<sup>2</sup> David J. Smith,<sup>2</sup> And Walter Herzog. Vibration training: an overview of the area, training consequences, and future considerations. *J Strength Cond Res* 2005; 19(2): 459–466,
28. Cardinale, M and Bosco, C. The use of vibration as an exercise intervention. *Exerc Sports Sci Rev* 2003; 31: 3–7.
29. Issurin, VB and Tenenbaum, G. Acute and residual effects of vibratory stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes. *J Sports Sci* 1999; 17: 177–182.
30. Cardinale M., Lim J. The acute effects of two different whole body vibration frequencies on vertical jump performance. *Med Sport* 2003; 56(4):287-92.
31. Adams JB, Edwards D, Serviette D, Bedient AM, Huntsman E, Jacobs KA, Del Rossi G, Roos BA, and Signorile JF. Optimal frequency, displacement, duration, and recovery patterns to maximize power output following acute whole-body vibration. *J Strength Cond Res* 2009; 23(1):237–245.
32. Bosco, C, Colli, R, and Intorini, E. Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clin Physiol* 1999; 19: 183–187.
33. Argimón Pallas JM y Jimenez Villa J. *Métodos de investigación clínica y epidemiológica*. Elsevier 3ª ed pag 64.
34. Abercromby, AF, Amonette, WE, Layne, CS, McFarlin, BK, Hinman, MR, and Paloski, WH. Variation in neuromuscular responses during acute whole-body vibration exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39: 1642–1650.

35. Mester J, Kleinoder H, Yue Z. Vibration training: Benefits and risks. *J Biomech* 2006; 39:1056–1065.
36. Marfell-Jones, M., Olds, T., Stewart, A. and Carter, L., International standards for anthropometric assessment (2006). ISAK: Potchefstroom, South Africa.
37. Jackson & Pollock. Generalized equations for predicting body density of men. *British J Nut.* 1978; 10: 497-504.
38. Jackson & Pollock. Generalized equations for predicting body density of women. *Med Sci Sports Exerc.* 1980; 12: 175-182.
39. Siri WE: Body composition from fluid spaces and density. *Univ Calif Donner Lab Med Phys Rep*, 1956.
40. Heyward VH and Stolarczyk LM. Applied body composition assessment. *Human Kinetics* 1996 USA.
41. Rocha MSL. Peso ósseo do brasileiro de ambos os sexos de 17 a 25 anos. *Arquivos de Anatomía e Antropología* 1975; 1:445-51.
42. Lee R, Wang Z, Heo M, Ross R, Janssen I, Heymsfield S. Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. *Am J Clin Nutr* 2000; 72:796-803.
43. Alvero CJR, Cabañas AMD, Herrero de Lucas A, Martínez RL, Moreno PC, Porta MJ, et al. Protocolo de valoración de la composición corporal para el Reconocimiento médico-deportivo. Documento de consenso del Grupo español de cineantropometría de la federación española de medicina del deporte. *Archivos de Medicina del Deporte.* 2009; 131(26): 166-179.
44. Carter LJE and Heath HHB. Somatotyping-development and applications. *Cambridge University Press*, 1990.
45. Heymsfield SB, McManus C, Smith J, Stevens V, Nixon DW. Anthropometric measurement of muscle mass: revised equations for calculating bone-free arm muscle area. *Am J Clin Nutr.* 1982; 36(4):680-90.
46. Knapik JJ, Staab JS, Harman EA. Validity of an anthropometric estimate of thigh muscle cross-sectional area. *Med Sci Sports Exerc.* 1996; 28(12):1523-30.
47. Fernández Vieitez JA., Williams W L., Alvarez CJA. Validez del método de Rolland-Cachera en la estimación de las áreas musculares del muslo y de la pierna. *Rev Cubana Alimen Nut* 2001; 15(2):109-14.
48. Maughan RJ, Watson JS, Weir J. Strength and cross-sectional area of human skeletal muscle. *J Phys* 1983; 338: 37-49.
49. Armstrong WJ, Grinnell DC, Warren GS. The acute effect of whole-body vibration on the vertical jump height. *J Strength Cond Res* 2010; 24(10):2835-2839.
50. Ziv G, Lidor R. Vertical jump in female and male basketball players--a review of observational and experimental studies. *J Sci Med Sport* 2010; 13(3):332-9.

51. Markovic G. Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *Br J Sports Med* 2007 41: 349-355.
52. Arabatzi F, Kellis E, Sáez-Saez De Villarreal E. Vertical jump biomechanics after plyometric, Weight lifting, and combined (weight lifting + Plyometric) training. *J Strength Cond Res* 2010; 24(9): 2440–2448.
53. Woolstenhulme MT, Bailey BK, Allsen PE. Vertical jump, anaerobic power, and shooting accuracy are not altered 6 h after strength training in collegiate women basketball players. *J Strength Cond Res* 2004; 18(3):422–5.
54. Sáez-Saez de Villareal E, Kellis E, Kraemer WJ, Izquierdo M. Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: a meta-analysis. *J Strength Cond Res* 2009; 23(2):495–506.
55. Randall JL, William EP. Kinetic Analysis of Complex Training Rest Interval Effect on Vertical Jump Performance. *J Strength Cond Res* 2003; 17(2):345-349.
56. Jones P, Lees A. A biomechanical analysis of the acute effects of complex training using lower limb exercises. *J Strength Cond Res* 2003; 17(4):694-700.

# ANEXO 1 FORMULARIO DE APTITUD PARA EL ENTRENAMIENTO DE VIBRACIÓN

## INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN

### FORMULARIO DE APTITUD PARA EL ENTRENAMIENTO DE VIBRACIÓN

Fecha: \_\_\_\_\_

Día/mes/año

Nombre: \_\_\_\_\_  
 (Apellido paterno) (Apellido materno) Nombre(s)

Deporte: \_\_\_\_\_ Posición: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_

Teléfono casa: \_\_\_\_\_ Teléfono celular: \_\_\_\_\_

Correo electrónico: \_\_\_\_\_

#### Cuestionario previo a la participación

Coloca una "X" si alguna de tus respuestas es afirmativa para las siguientes cuestiones:

¿Tienes alguna fractura en tren inferior reciente (menos de 4 meses)?	
¿Tienes alguna prótesis de cadera y/o rodilla?	
¿Tienes algún problema de columna (hernia de disco, espondilolistesis, espondilólisis)?	
¿Tienes alguna herida reciente abierta?	
¿Tienes algún problema inguinal (hernia)?	
¿Padeces alguna enfermedad cardíaca o vascular (trombosis)?	
¿Usas marcapasos?	
¿Tienes algún problema de retina (disfunción, desprendimiento) o lente intraocular?	
¿Tienes algún problema de oído (laberintitis, patología de otolitos con vértigo postural, antecedente de estapedectomía por otoesclerosis y/o implante coclear por sordera o hipoacusia)?	
¿Padeces diabetes, epilepsia o migraña?	
¿Tienes algún dispositivo de metal implantado (perforaciones, placas dentales o en cráneo, grapas metálicas en sujetos post apendicectomía, post colecistectomía, grapas en arterias post reparación de aneurisma, tornillos ortopédicos)?	
<b>MUJERES</b>	
¿Tienes Dispositivo Intrauterino (DIU)?	
¿Estás o consideras que podrías estar embarazada?	

## **ANEXO 2 CONSIDERACIONES ÉTICAS, DE SEGURIDAD y CONSENTIMIENTO INFORMADO**

### *Éticas:*

El estudio se efectuará de acuerdo a lo establecido en la declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial para la realización de investigaciones médicas en seres humanos.

Se les proporcionará a las pacientes la información relevante sobre los objetivos del proyecto y los beneficios esperados. El seguimiento del estudio y sus posibles riesgos también serán explicados.

Se informará a los participantes que pueden abandonar el estudio en el momento que ellos decidan sin perjuicio en la proporción de los servicios médicos subsecuentes. Esta información está contenida en el formulario de consentimiento informado el cual deberá ser firmado por el paciente que acepte ingresar al protocolo así como por su médico tratante con el fin de mantener un control y seguimiento adecuado de cada paciente.

El presente protocolo así como el formulario de consentimiento informado serán evaluados por los comités científico y ético del INR.

### *Seguridad:*

Los investigadores no serán responsables de las lesiones físicas que presenten los participantes, que sean ajenas al presente protocolo de estudio.

**INSTITUTO NACIONAL DE REHABILITACIÓN**  
**FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO**

**Título del estudio**

**EFFECTO DE LA VIBRACIÓN DE CUERPO COMPLETO SOBRE EL RENDIMIENTO DEL SALTO EN JUGADORES DE VOLEIBOL Y BASQUETBOL**

**Número de protocolo:**

**Nombre del (los) investigador(es):** Dra. Ariadna del Villar Morales  
Dr. Jorge Luis León Alvarez  
M. en C. Ivett Quiñones Urióstegui

**Institución:** Instituto Nacional de Rehabilitación, Subdirección de Medicina del Deporte (División Clínica de Medicina del Deporte)

**Dirección:** Av. México-Xochimilco 289, Col. Arenal de Guadalupe. Cp. 14389, Del. Tlalpan México D.F.

**Teléfono:** 5999 1000 ext. 13120, 13124.

Se te ha invitado a participar en un estudio de investigación para la evaluación del **efecto agudo de una sesión de entrenamiento de vibración sobre el pico de potencia y la altura del salto vertical**. El entrenamiento en plataformas de vibración es una nueva forma de entrenamiento para mejorar la potencia y la altura del salto vertical con efectos agudos y crónicos.

Por favor lee éste formulario de consentimiento detenidamente; tómate tu tiempo para formular todas las preguntas que desees. Si hay algo que no esté claro, el personal responsable del estudio te lo explicará con más detalle.

**Propósito del estudio**

Los jugadores de basquetbol y de voleibol requieren, para un buen rendimiento, de una elevada producción de potencia en las extremidades pélvicas –tren inferior- para lo cual existen modelos de entrenamiento de fuerza bien establecidos para mejorar la potencia y la altura del salto.

Una forma innovadora de entrenamiento es en plataformas de vibración. Con éste tipo de entrenamiento se han visto mejorías rápidas en la producción de potencia y en la altura del salto vertical. Incluso se han visto mejorías en el lapso de algunos minutos posteriores a una sesión de entrenamiento de vibración. El propósito del presente estudio es conocer y evaluar el impacto que tiene una sesión de entrenamiento en una plataforma de vibración en el pico de potencia y la altura del salto vertical a lo largo de una hora. Este estudio incluirá jugadores de voleibol y basquetbol colegial. Tu participación es totalmente voluntaria, no remunerable y eres libre de participar o abstenerse.

## **Procedimiento**

### **Antes del tratamiento**

Se te aplicará un cuestionario para determinar si eres candidato(a) a participar en el estudio.

Posteriormente se te realizará una evaluación antropométrica, seguida de un periodo de calentamiento. Y después, se te colocará un sensor de movimiento adherido en la parte baja de tu espalda y, se te pedirá realizar TRES SALTOS sobre una plataforma de fuerza. Los investigadores supervisarán tu técnica de salto y te animarán a saltar lo más alto que puedas. Al terminar tus saltos se te retirará el sensor de movimiento para pasar a la plataforma de vibración.

### **Intervención**

Realizarás una sesión de entrenamiento de 1 minuto de duración sobre una plataforma de vibración (Power Plate), con las rodillas semiflexionadas con la técnica que te indiquen los investigadores.

### **Seguimiento Médico Técnico**

Al terminar tu sesión en la plataforma de vibración se te pedirá pasar de inmediato a la plataforma de fuerza y se te colocará de nuevo el sensor de movimiento para que realices nuevamente 3 saltos para registrar en los minutos 1, 5, 10, 15, 30 y 60 posteriores a la sesión de vibración.

### **Riesgos y/o molestias**

Los riesgos que existen al realizar entrenamiento de vibración son mínimos, aunque podría ocurrir visión borrosa durante la vibración y al terminar la sesión podría ocurrir fatiga, dolor muscular, enrojecimiento y/o aumento de volumen de las piernas.

### **Beneficios**

El estudio te dará información sobre tu capacidad de adaptación al entrenamiento de vibración. Tu participación en el estudio nos proveerá de información que puede ser útil y de beneficio para la población mexicana que juega voleibol y/o basquetbol colegial y requiere incrementar su altura y potencia de salto para mejorar su competitividad.

### **Participación voluntaria**

Tu participación en este estudio es totalmente voluntaria. Puedes negarte a participar y puedes abandonar el estudio en cualquier momento. Lo único que debes hacer es informar esta decisión al responsable del estudio.

Las pruebas de laboratorio sobre la plataforma y con el sensor de movimiento, así como el entrenamiento en la plataforma de vibración serán totalmente gratuitas.

Tu retiro no te ocasionará ninguna penalidad ni la pérdida de ninguno de los beneficios a los cuales eres acreedor, ni tampoco sufrirás perjuicio en relación con la atención médica que proporciona la institución.

Tus registros médicos durante la investigación serán tratados confidencialmente. Los datos generados en éste estudio se utilizarán para ser publicados. Se te identificará

con un código y la información personal de tus archivos no será entregada a nadie. Se tomará un registro fotográfico y, en video para fines puramente de investigación. Sin embargo, se protegerá tu identidad, de manera que no resultarás identificado(a) personalmente en ninguna publicación sobre el estudio.

Tienes la responsabilidad de conocer tu historial clínico y de revelar al médico si has presentado molestias aún con esfuerzos leves o de cualquier información que permita minimizar los riesgos.

Si presentas algún daño físico como consecuencia directa de los procedimientos de éste estudio, se te otorgará el cuidado médico necesario.

Los investigadores no serán responsables de lesiones físicas o enfermedades que sean consecuencia de circunstancias ajenas al presente estudio.

## DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

México, D.F. a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 200\_\_\_\_\_

Yo: \_\_\_\_\_ declaro Libre y VOLUNTARIAMENTE que acepto participar en el estudio “EFECTO DE LA VIBRACIÓN DE CUERPO COMPLETO SOBRE EL RENDIMIENTO DEL SALTO EN JUGADORES DE VOLEIBOL Y BASQUETBOL ”

Estoy consciente de que los procedimientos y pruebas para realizar el protocolo de estudio son:

- Cuestionario para valorar si soy candidato(a) a participar en el estudio.
- Evaluación antropométrica.
- Prueba de salto sobre una plataforma de fuerza con un sensor de movimiento adherido en la parte baja de la espalda.
- Una sesión de entrenamiento sobre una plataforma de vibración y después.
- Nuevamente prueba de salto sobre plataforma de fuerza con un sensor de movimiento adherido en la parte baja de la espalda y realizando saltos en los minutos 1, 5, 10, 15, 30 y 60.

Consiento voluntariamente participar en este estudio de investigación y recibiré una copia firmada y fechada de este formulario de consentimiento informado para mi registro.

Las pruebas y el entrenamiento en la plataforma de vibración no tendrán ningún costo para mí. Estoy consciente que deberé realizar la evaluación inicial y las de seguimiento durante el tiempo que dure el registro de mis saltos.

Estoy consciente que si sigo las instrucciones del médico al pie de la letra durante el desarrollo del estudio, los riesgos e incomodidades que pudieran presentarse serán mínimos o nulos.

Comprendo el beneficio que mi participación tendrá para conocer mi capacidad de respuesta al entrenamiento de vibración y en la generación de información que pueda ser útil para jugadores de voleibol y basquetbol mexicanos que necesiten incrementar su altura y potencia de salto con éste tipo de entrenamiento.

Estoy consciente que mi participación es totalmente **VOLUNTARIA, SIN REMUNERACIÓN.**

Entiendo que mi retiro no me ocasionará ninguna penalidad, ni tampoco sufriré algún perjuicio en relación con la atención médica que me proporcione la institución.

Comprendo que los datos generados en éste estudio se utilizarán para ser publicados en revistas de divulgación científica.

Estoy enterado que mis registros médicos durante la investigación serán tratados confidencialmente y que la información personal en archivos no será entregada a nadie.

Comprendo que se tomará un registro en video y fotográfico para fines de investigación exclusivamente y, que se protegerá mi identidad, de manera que no resultaré identificado personalmente en ninguna publicación sobre el estudio.

Es de mi conocimiento que los riesgos directos relacionados con el estudio son prácticamente nulos. Pero si, como consecuencia directa de los procedimientos de éste estudio presento algún daño físico, se me proporcionará el cuidado médico necesario.

Estoy consciente que los investigadores no serán responsables de lesiones físicas o enfermedades que sean consecuencia de circunstancias ajenas al presente protocolo de estudio.

Declaro que he leído este formulario de consentimiento informado y que su contenido me ha sido explicado y mis preguntas han sido respondidas.

No estoy participando en otro proyecto de investigación en este momento, no lo he hecho en días anteriores y he tratado las implicaciones de tal participación con el (los) responsable (s) del estudio.

_____	_____	_____
Nombre del voluntario	Firma del voluntario	Teléfono
_____	_____	_____
Nombre del testigo	Firma del testigo	Teléfono
_____	_____	_____
Nombre del testigo	Firma del testigo	Teléfono

Nota: este formulario de consentimiento con las firmas originales **DEBE** formar parte del archivo de la investigación. Se debe entregar una copia al voluntario y colocar una copia en los registros médicos del mismo.

### ANEXO 3 PROFORMA ISAK UTILIZADA EN ÉSTE ESTUDIO

Apellidos: _____					
Nombre(s): _____					
País: _____					
Etnia: _____					
Sexo (1:hombre; 2: mujer): _____				Edad: _____	
Deporte: _____		Posición: _____		Categoría: _____	
Fecha de medición: _____					
Fecha de nacimiento: _____					
<hr/>					
Masa corporal					
Estatura elongada					
<hr/>					
Diámetro Húmero (biepicondileo)					
Diámetro Biestiloideo					
Diámetro Femoral (bicondíleo)					
<hr/>					
Circunferencia de Brazo Relajado					
Circunferencia de Brazo Contraído					
Circunferencia de Antebrazo					
Circunferencia de Tórax (mesoesternale)					
Circunferencia de Cintura					
Circunferencia de Cadera					
Circunferencia de Muslo (medio)					
Circunferencia de Pierna (máx)					
<hr/>					
Subscapular sf					
Tríceps sf					
Biceps sf					
Axilar medio					
Pectoral					
Cresta iliaca (suprailiaco anterior)					
Supraespinal					
Abdomen 1					
Abdomen 2					
Muslo medio anterior					
Pierna medial					
<hr/>					

## ANEXO 4 ECUACIONES ANTROPOMÉTRICAS UTILIZADAS EN ÉSTE ESTUDIO

**Ecuación de Jackson y Pollock [38] para hombres** calcula densidad corporal ( $D_c$ ) validada para la evaluación de hombres de 18-29 años de edad y, se aplica también a atletas de acuerdo a lo descrito por Heyward, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.:**

$$D_c = 1.112 - 0.00043499 * (P_{Sub} + P_{Tri} + P_{Pect} + P_{AxM} + P_{Abd} + P_{Ileoc} + P_{MA}) + 0.00000055 * (P_{Sub} +$$

### Ecuación 4

Donde  $P_{Tri}$ : Pliegue del tríceps en mm;  $P_{Sub}$ : Pliegue subescapular en mm;  $P_{Sesp}$ : Pliegue supraespinal en mm;  $P_{Abd}$ : Pliegue abdominal en mm;  $P_{MA}$ : Pliegue muslo anterior en mm;  $P_{PM}$ : Pliegue pierna medial en mm;  $P_{Ileoc}$ : Pliegue ileocrestal en mm;  $P_{Pect}$ : Pliegue pectoral en mm;  $P_{AxM}$ : Pliegue axilar medio en mm;  $P_{Anteb}$ : Perímetro antebrazo en cm;  $E$ : Edad en años.

Correlación entre la  $D_c$  predicha por la ecuación y la  $D_c$  determinada en laboratorio por pesada hidrostática de 0.9, con un error estándar de 0.0077 g/ml.

**Ecuación de Jackson y Pollock para mujeres [39]** 18 a 55 años de edad y, se aplica también a mujeres atletas de acuerdo a lo descrito por Heyward [41].

$$D_c = 1.096095 - 0.0006952 * (P_{Tri} + P_{Abd} + P_{Ileoc} + P_{MA}) + 0.0000011 * (P_{Tri} + P_{Abd} + P_{Ileoc} + P_{MA})^2 -$$

### Ecuación 5

Correlación encontrada entre la  $D_c$  predicha y la  $D_c$  determinada por pesada hidrostática = 0.815 a 0.820 con un error estándar del 3-4%.

**Ecuación de Siri [40]** para calcular el %GC a partir de la  $D_c$  calculada por Jackson y Pollock de 7 pliegues (Ecuación 4 en 6). Ecuación 6.

$$\%GC = \left[ \left( \frac{4.95}{Dc} \right) - 4.50 \right] * 100$$

**Ecuación 6**

**Ecuación de Heyward [41]** para deportistas mujeres, ecuación de predicción para calcular el %GC a partir de la Dc calculada por Jackson y Pollock de 4 pliegues (Ecuación 5 en 7). Ecuación 7.

$$\%GC = \left[ \left( \frac{5.01}{Dc} \right) - 4.57 \right] * 100$$

**Ecuación 7**

**Ecuación de Rocha [41]** calcula la MO en kg para hombres y mujeres deportistas. Ecuación 8

$$Masa \acute{O}sea (kg) = 3.02 * [Talla^2 * DM * DF * 400]^{0.712}$$

**Ecuación 8**

Donde *Talla* en metros; *DM*: Diámetro de la muñeca en metros; *DF*: Diámetro del fémur en metros.

**Ecuación de Lee [43]** calcula la MM en kg en sujetos sanos hombres y mujeres con edades de 20 a 81 años: Ecuación 9

$$MM(kg) = Talla + (0.00744 * PBC^2 + 0.00000 * PMC^2 + 0.00441 * PGC^2) + (2.4 * sexo) + (0.040 * E) + (Etn)$$

**Ecuación 9**

Donde *PBC*:  $Per\acute{I}metro \text{ brazo corregido} = Per\acute{I}metro \text{ brazo relajado} - \left( 3.1416 * \left( \frac{PI \text{ tr\acute{I}ceps}}{10} \right) \right);$

*PMC*:  $Per\acute{I}metro \text{ del muslo corregido} = Per\acute{I}metro \text{ del Muslo} - \left( 3.1416 * \left( \frac{PI \text{ musloant}}{10} \right) \right);$

*PGC*:  $Per\acute{I}metro \text{ Gemelar corregido} = Per\acute{I}metro \text{ gemelar} - \left( 3.1416 * \left( \frac{PI \text{ Pierna Medial}}{10} \right) \right);$

*Sexo*: **Mujeres = 0; hombres = 1** ; *E*: Edad en años. *Etnia*: "-2": asiáticos, "1.1": afro-americanos; "0": caucásicos e hispánicos; *Talla* en metros; *Perímetros* en cm; *Pliegues* en mm.

Lee y colaboradores encontraron que la MM del cuerpo completo tuvo un valor de R<sup>2</sup> con la Imagen de Resonancia Magnética (IRM) de 0.91 con una p < 0.0001 y un error estándar de 2.2 kg.

**Ecuación de Masa Residual** [44] de acuerdo al consenso GREC-FEMEDE, se calcula MG, MO y MM, estos son convertidos a porcentaje y sumados. Considerando el cien por ciento de la masa total del sujeto se le resta la suma obtenida con las masas calculadas, como se muestra en (Ecuación 1), a este valor se le denomina resto o masa residual (MR).

$$MR = 100 - (MG + MO + MM) - MC$$

**Ecuación 10**

**Ecuación de Heymsfield AMB cm<sup>2</sup>** [46] área muscular de corte transversal del brazo, excluyendo hueso (bone-free). AMB cm<sup>2</sup>. Ecuación 11 y 12.

$$\begin{matrix} AMB \\ Hombres \end{matrix} = \left[ \frac{((Circunferencia Brazo Relajado en cm - \pi * Pliegue Triceps en cm)^2)}{4\pi} \right] - 10$$

**Ecuación 11**

$$\begin{matrix} AMB \\ Mujeres \end{matrix} = \left[ \frac{((Circunferencia Brazo Relajado en cm - \pi * Pliegue Triceps en cm)^2)}{4\pi} \right] - 6.5$$

**Ecuación 12**

**Ecuación de Knapik para AMM cm<sup>2</sup>** [47]. Ecuación 13.

$$[AMM(cm)]^2 = 0.649 \left[ \left( \frac{Circunf total muslo medio en cm}{\pi} - Pliegue Muslo Medio Ant en cm \right)^2 \right] - [(0.3 \cdot$$

**Ecuación 13**

El sitio de la toma de medida antropométrica y de la IRM, fue a la altura del punto medio entre el pliegue inguinal y el borde superior de la patela. Correlación, con un valor de r = 0.96 y un error de SEE 11.3 cm<sup>2</sup>

**Ecuación de Rolland-Cachera validada por Fernández para AMP cm<sup>2</sup> [48]**

$$AMP (cm^2) = \frac{([circunf\ pierna\ en\ cm])^2}{4\pi} - circunf\ pierna\ en\ cm * \frac{Pl\ en\ cm}{20}$$

**Ecuación 14**

El sitio de la toma de medida antropométrica y de la TAC, fue el punto de circunferencia máxima de la pierna [37]. Valor de r= 0.5 vs TAC, error 11.5cm<sup>2</sup>

## **ANEXO 5 SESIÓN ESTÁNDAR DE CALENTAMIENTO**

### **Instituto Nacional de Rehabilitación**

Título del estudio:

**EFFECTO DE LA VIBRACIÓN DE CUERPO COMPLETO SOBRE EL RENDIMIENTO DEL SALTO EN JUGADORES DE VOLEIBOL Y BASQUETBOL**

#### **Sesión Estándar de Calentamiento**

1. Diez rotaciones de rodillas en sentido de las manecillas del reloj, y 10 en sentido contrario.
2. Diez rotaciones de cadera en sentido de las manecillas de reloj, y 10 en sentido contrario.
3. Estiramiento de isquiotibiales sin pivotar (sin muelle) 3 series de 15 segundos de pie.
4. Estiramiento de pantorrillas sin pivotar (sin muelle) 3 series de 15 segundos, alternando y de pie, con apoyo de manos en la pared.
5. Estiramiento de cuádriceps sin pivotar (sin muelle) 3 series de 15 segundos, alternando y de pie.
6. Trotar en pasillo del 7º piso de la Torre de investigación, 10 vueltas.
7. Diez saltos verticales submáximos.
8. Saltos CMJ guiados por investigador hasta una adecuada técnica

